Die

Refractions- und Accommodations-Anomalieen des Auges

von

Dr. Albrecht Nagel,
Privatdocent an der Universität Tübingen.

Mit 21 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Tübingen, 1866.
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung.
– Laupp & Siebeck. –

Das Uebersetzungsrecht wird vorbehalten.

Druck von H. Laupp in Tübingen.

Vorwort.

Ich glaube etwas nicht ganz Ueberflüssiges zu unternehmen, wenn ich die Vorlesungen, welche ich an hiesiger Universität über die Refractions- und Accommodations-Anomalieen des Auges gehalten habe, hiemit in etwas erweiterter Form veröffentliche, — einen Versuch, den heutigen Stand der Wissenschaft auf diesem Gebiete in gedrängter Kürze und mit vorzugsweiser Berücksichtigung des praktisch Wichtigen darzulegen. Vielleicht wird eine übersichtliche systematische Darstellung des für die ophthalmologische Praxis so wichtigen Abschnittes und der umfassenden Fortschritte, welche darin während des letzten Jahrzehnts, vor allem durch Donders' Epoche machende Arbeiten, erzielt sind, Manchem willkommen sein, der nicht die Musse hatte, die in Fachzeitschriften verschiedener Sprachen zerstreuten Originalarbeiten zu studiren, und die Entstehungsgeschichte der heutigen Ansichten zu verfolgen. Ich stellte mir vor, dass, wenn mein Versuch gelänge, eine solche Bearbeitung vielen der bisherigen Lehrbücher der Augenheilkunde als Ergänzung dienen könnte, da in ihnen das Gebiet der Refractions- und Accommodationsleiden meist sehr kurz und unvollständig behandelt ist, und noch vor wenigen Jahren wegen Mangels ausreichender Specialforschungen nicht anders behandelt werden konnte.

Was die äussere Einrichtung des Buches anlangt, so habe ich durch zweierlei Druck zu sondern gesucht, was für den Zusammenhang und namentlich für den praktischen Zweck wichtig und weniger wichtig ist. Die mit kleineren Lettern gedruckten Absätze können von dem prak-

tischen Arzte, der einen raschen Ueberblick über den Stand der Wissenschaft wünscht, oder von dem Studirenden, der erst in die Disciplin eingeführt werden soll, ohne Schaden für das Verständniss überschlagen werden. Wer etwas tiefer eindringen will, wird darin theils nähere Erläuterungen und Ausführungen, theils möglichst kurz gehaltene Discussionen über streitige Punkte finden.

Manche eigenen abweichenden Meinungen habe ich dem Zwecke des Buches gemäss nur flüchtig andeuten, nicht ausführlich motiviren dürfen, und behalte mir vor, auf Einzelnes an andrer Stelle zurückzukommen.

Den meisten Abschnitten sind in wenigen Sätzen ganz kurze historische Bemerkungen und einige Literaturangaben vorausgeschickt. Es versteht sich, dass die letzteren in keiner Weise auf Vollständigkeit Anspruch machen; sie sollen nur Denjenigen, der sich näher zu informiren wünscht, auf die neuesten und wichtigsten einschlägigen Arbeiten aufmerksam machen.

Möchte es mir gelungen sein zur allgemeineren Verbreitung und praktischen Verwerthung der durch die neuere ophthalmologische Forschung errungenen Fortschritte und Resultate Einiges beizutragen!

Tübingen im März 1866.

A. Nagel.

Inhalt.

pag.

Erstes Capitel. Physiologisches über Refraction und Accommodation 1

Zweites Capitel. Ueber Brillen 28

Refractions-Anomalieen des Auges 47

Drittes Capitel. Die Uebersichtigkeit 48

Viertes Capitel. Die Kurzsichtigkeit 72

Fünftes Capitel. Der Astigmatismus 121

A. Der regelmässige Astigmatismus 124

B. Der unregelmässige Astigmatismus 153

Sechstes Capitel. Refractionsungleichheit beider Augen 161

Accommodations-Anomalieen des Auges 174

Siebentes Capitel. Accommodationsstörungen durch Anomalieen im passiven Theil des Accommodationsapparats 174

Achtes Capitel. Accommodationsstörungen durch Anomalieen im activen Theil des Accommodationsapparats . 189

A. Lähmung der Accommodation 189

B. Krampf der Accommodation 202

C. Hyperästhesie des Ciliarmuskels 213

Die

Refractions- und Accommodations-Anomalieen des Auges.

Erstes Capitel.

Physiologisches über Refraction und Accommodation.

Die physiologischen Vorbemerkungen über Refraction und Accommodation sollen, da ihnen dem Plane des Buches gemäss nur ein geringer Raum gegönnt werden kann, sich auf das Nothwendigste beschränken. Nur das für das Pathologische und insbesondere zum Verständniss der neueren Terminologie Unentbehrliche wird angeführt werden. Im Uebrigen, namentlich in Bezug auf die Dioptrik des Auges ist auf die neueren Lehrbücher der Physiologie zu verweisen. Die ausführlichste Behandlung dieser Abschnitte findet sich in Helmholtz' Physiologischer Optik und Donders' grossem Werke über die Refractions-Anomalieen.

§ 1. Refraction und Accommodation des Auges.

Hornhaut, Kammerwasser, Linse und Glaskörper bilden die durchsichtigen Medien des Auges, welche vermöge ihrer annähernd sphärischen Begrenzungsflächen die das Auge treffenden Lichtstrahlen derartig brechen, dass von den Objecten, welche die Lichtstrahlen aussenden, reelle optische Bilder im Auge entworfen werden. Die Bilder werden von der Stäbchenschicht der Netzhaut, wie von einem Schirm aufgefangen. Diese tiefste Lage der Netzhaut, aus Stäbchen und Zapfen bestehend, bildet den lichtempfindenden Apparat des Auges, von dem aus die Leitung der empfangenen Eindrücke zum Gehirn erfolgt.

Nur für Objecte in einer bestimmten Entfernung sind die Netzhautbilder scharf, die Bilder näherer oder fernerer Objecte sind undeutlich und verschwommen. Mit der Aenderung des Abstandes des Sehobjects vom Auge ändert sich nämlich auch die Vereinigungsweite der von ihm ausgehenden, im Auge gebrochenen Strahlen. Die scharfen Bilder näherer oder fernerer Punkte fallen daher hinter resp. vor die Netzhaut. Auf der Netzhaut selbst aber, welche die Strahlen vor resp. nach ihrer punktuellen Vereinigung

auffängt, entsteht von jedem dieser Punkte ein Zerstreuungskreis und durch das Ineinandergreifen der vielen Zerstreuungskreise muss das Detail der Netzhautbilder verwischt und undeutlich werden.

Von absoluter Schärfe der Netzhautbilder kann niemals die Rede sein. Dieselbe wird verhindert durch mancherlei Anomalieen der Refraction, welche selbst im normalsten Auge nicht fehlen. Dahin gehören besonders die Anomalieen, welche durch asymmetrischen Bau der Hornhaut und der Linse, und demzufolge durch die verschiedene Brennweite in verschiedenen Meridianen verursacht werden. In dem Abschnitt über Astigmatismus sollen neben den pathologischen auch die physiologischen daraus erwachsenden Störungen Erwähnung finden.

Die Fähigkeit in verschiedenen Entfernungen nach einander deutlich zu sehen, gewinnt unser Auge dadurch, dass wir die Brechkraft willkürlich zu ändern, dem Abstande des Sehobjects anzupassen, zu accommodiren vermögen.

Der Brechzustand des ruhenden Auges, wie er dem anatomischen Bau und der physikalischen Beschaffenheit des Auges entspricht, auch schlechtweg «die Refraction» des Auges genannt, ist mithin zu unterscheiden von den accommodirten Brechzuständen, welche durch eine active Veränderung der Brechkraft, durch Anspannung des Accommodationsapparats zu Stande kommen.

Hornhaut und Krystalllinse können ihrer Wirkung nach zusammen als eine Sammellinse betrachtet werden, deren Stärke und deren Stellung zur Netzhaut die Brechkraft des Auges bestimmt. Eine Aenderung in einer dieser beiden Beziehungen wird erfolgen müssen, damit die Brechkraft des Auges sich ändere.

Seit M. Langenbeck's, Cramer's, Helmholtz' Untersuchungen steht es fest, dass die Accommodation ausschliesslich durch Formveränderung der Krystalllinse erfolgt. Auch die Berechnung hat bestätigt, dass die beobachtete und gemessene Formveränderung ausreicht, um den Accommodationseffekt zu erklären (Knapp.)

Die geringste Brechkraft besitzt das Auge im Zustande der Ruhe, der Erschlaffung des Accommodationsmuskels. Durch Anspannung des letzteren wird die Brechkraft vermehrt und erfolgt die Einrichtung für geringere Distancen. Die Linse wird dabei convexer, ihre Dicke wächst, indem der vordere Pol nach vorn

rückt, die Krümmung der Linsenoberflächen, und zwar weit überwiegend der vorderen, nimmt zu. Die Hornhautkrümmung dagegen bleibt unverändert.

Der active Theil des Accommodationsapparats ist der Musculus ciliaris oder Tensor chorioideae. Zwar verengt sich auch die Pupille bei der Accommodation für die Nähe, aber Fälle von theilweisem und vollständigem Mangel der Iris mit ungeschwächter Accommodationsthätigkeit beweisen, dass die Iris keine wesentliche Rolle bei der Accommodation spielt (v. Gräfe).

Auf welche Weise der Ciliarmuskel die Formveränderung der Linse zu Stande bringt, also über den eigentlichen Mechanismus der Accommodation wissen wir noch nichts Sicheres.

Eine sehr sinnreiche Hypothese hat Helmholtz in Bezug hierauf aufgestellt: Die Gleichgewichtsfigur der Linse, welche sie vermöge ihrer Elasticität einzunehmen strebt, entspricht nicht dem Ruhezustande des Auges, sondern ist dieselbe wie bei der Accommodation für die Nähe; sie ist von grösserer Dicke und geringerem Umfange. Die aus dem Auge entfernte Linse wird daher dicker gefunden, als die Messungen im lebenden ruhenden Auge ergeben. Im lebenden Auge erhält die Linse bei voller Accommodationsruhe eine flachere Form und einen grösseren Umfang, weil sie von allen Seiten her durch die Zonula Zinnii in Spannung erhalten wird. Die Accommodationsthätigkeit äussert sich nun nach Helmholtz darin, dass durch Contraction des Ciliarmuskels die Spannung der Zonula aufgehoben, resp. vermindert wird, so dass die Linse, der Wirkung ihrer Elasticität überlassen, eine convexere Gestalt annimmt. Hiebei wird angenommen, dass der hintere Ansatzpunkt der Fasern des Ciliarmuskels der bewegliche sei, dass derselbe, und mit ihm der hintere Theil der Zonula, bei der Contraction des Muskels nach vorn und innen gebracht und so die Relaxation der letzteren bewirkt werde. — Man kann nicht sagen, dass diese Hypothese bewiesen ist und dass sie alle Erscheinungen genügend erklärt, doch fehlt es noch an einer zutreffenderen Erklärung. Der Gegenstand ist noch dunkler und verwickelter geworden, seit ausser den von Brücke und Bowman entdeckten meridional verlaufenden Fasern des Ciliarmuskels noch circulare Muskelfasern (H. Müller, van Reeken) gefunden worden sind, welche dem innern Theil des ganzen Muskels angehörend, dem Linsenrande concentrisch gelagert sind.

Die Erscheinungen, welche man bei der Accommodation für die Nähe beobachtet, sind folgende:

1) Die Pupille verengert sich.

2) Der Pupillarrand der Iris rückt nach vorne, der Ciliartheil zurück.
3) Die vordere Linsenfläche rückt nach vorne und wird gewölbter.
4) Die hintere Linsenfläche erhält gleichfalls eine um ein Weniges stärkere Krümmung.
5) Der Raum zwischen den Ciliarfortsätzen und dem Linsenrande vergrössert sich, was O. Becker an albinotischen Augen mit stark durchscheinender Iris beobachtete. Dies könnte durch Verkleinerung des Linsensystems oder durch Verkleinerung der Ciliarfortsätze bewirkt werden. Ob der Umfang der Linse, wie zu erwarten wäre, bei der Convexitätszunahme kleiner wird, ist noch nicht festgestellt. O. Becker meint dagegen bei verschiedenen Accommodations-Zuständen einen Wechsel im Volumen der Ciliarfortsätze nachgewiesen zu haben und sucht die Ursache davon in der abwechselnden Aufnahme und Abgabe des Irisbluts je nach der Erweiterung und Verengerung der Pupille. Bei irislosen Augen fällt daher jener Unterschied fort (v. Gräfe).
6) Der hydrostatische Druck im hinteren Abschnitt des Bulbus wird vermehrt.

Für den vorderen Bulbusabschnitt kann als Ergänzung Folgendes hinzugefügt werden. Förster beobachtete nach Punction der vorderen Kammer Einsinken oder Abflachung der Hornhaut während der Accommodation für die Nähe, bei normaler Wölbung in dem für die Ferne eingerichteten Auge; ebenso bei einer Hornhautfistel Steigen des Humor aqueus bei der Accommodation für die Ferne, Fallen bei Accommodation für die Nähe. Hienach sinkt also der hydrostatische Druck in der vorderen Kammer bei perforirter Hornhaut. Bei geschlossener Hornhaut scheint der Druck unverändert zu bleiben, indem durch das Zurückweichen des Linsenrandes und Vordringen des Linsenpols nur die Form der vorderen Kammer eine Aenderung erleidet.

Für die Steigerung des Druckes in dem hinter der Linse gelegenen Bulbusabschnitt während der Anspannung der Accommodation sprechen nicht nur die pathologischen Erfahrungen, sondern auch physiologische Experimente. Unter den letzteren ist hervorzuheben ein die starke Accommodations-Anstrengung begleitendes entoptisches Phänomen.

Bei forcirter Accommodation für die Nähe sieht man ungefähr im Centrum des Sehfeldes einen allmählich in die Umgebung sich verlierenden grauen Fleck entstehen. Bei genauer Betrachtung bemerkt man indess, dass dieser Fleck nicht etwa den Fixirpunkt deckt, vielmehr demselben auf der äusseren Seite hart anliegt. Uebt man auf das für die Nähe accommodirte Auge an einer beliebigen Stelle einen ganz geringen Druck mit dem Finger aus, so wird der

Fleck viel deutlicher und dunkler. Derselbe Druck allein, ohne Accommodations-Anstrengung in geringem Maasse ausgeübt, hat für mein Auge einen ganz ähnlichen Effect, wiederum einen grauen oder dunkelfarbigen Fleck an der gleichen Stelle (neben den bekannten Phosphenen). Es ist hienach wohl kein Zweifel, dass die Accommodationsspannung dieselbe Wirkung hat, wie der Fingerdruck, eine Steigerung des intraocularen Druckes. Diese entoptische Erscheinung, meines Wissens bisher nirgends ganz correct beschrieben, ist nicht, wie neuerdings geschehen, auf die Eintrittsstelle des Sehnerven zu beziehen und gewiss nicht durch eine Compression desselben zu erklären. Es muss vielmehr ein Theil des gelben Flecks und zwar die äussere Hälfte der Fovea centralis sammt ihrer nächsten Nachbarschaft sein, auf welche die Drucksteigerung zunächst einwirkt. Ich bin der Meinung (die ich an anderem Orte ausführlicher motiviren werde), dass eine vorübergehende Circulationsstörung dieser Stelle den Grund der Erscheinung bildet. Sie steht offenbar im Zusammenhang mit dem bei vermehrtem intraocularem Drucke eintretenden entoptischen Pulsphänomen in der Nachbarschaft der Stelle des directen Sehens und mit der ophthalmoskopisch wahrnehmbaren, gleichfalls durch Drucksteigerung hervorzurufenden Venen- und Arterienpulsation.

Im Vorbeigehen seien hier auch die anderweitigen entoptischen Accommodations-Erscheinungen erwähnt. Nur von sehr wenigen Beobachtern wird im Dunkeln das Czermaksche Accommodationsphosphen wahrgenommen; ein glänzender Saum an der Grenze des Gesichtsfeldes, welcher im Moment des plötzlichen Nachlasses der Accommodationsspannung sichtbar wird. Czermak schreibt das übrigens schon von Purkinje gekannte Phänomen einer Zerrung der Ora serrata retinae zu, welche beim Nachlassen der Accommodation durch die plötzlich sich anspannende Zonula Zinnii bewirkt werden soll.

Ich selbst nehme diese Erscheinung nur bisweilen sehr schwach und undeutlich wahr, dagegen bemerke ich sehr deutlich und constant im Dunkeln ein anderes Phosphen beim Eintritt starker Accommodationsspannung. Es ist ein momentan hell aufleuchtender Lichtreifen an der Peripherie des Sehfeldes, meist nur einen Theil der Peripherie einnehmend —, gänzlich verschieden (was ich, um Missverständnisse zu vermeiden, bemerken will) von den durch Zerrung des Sehnerven bei heftigen Augenbewegungen hervorgerufenen kleinen Lichtkreisen. Auch dieses Phänomen glaube ich einer Zerrung der Ora serrata zuschreiben zu müssen, welche in diesem Falle als direct durch die Contraction des Ciliarmuskels verursacht zu denken ist *).

*) Ausführlichere Mittheilungen hierüber behalte ich mir vor.

7) Die Accommodation von nah auf fern geschieht merklich schneller als von fern auf nah (Vierordt).

Durch Druck aufs Auge, wie er durch den Musc. orbicularis palpebrarum beim Zukneifen des Auges, vielleicht auch durch gemeinsame Action der vier geraden Augenmuskeln ausgeübt wird, kann die Brechkraft des Auges um Einiges herabgesetzt, das Auge also für einen grösseren Abstand eingestellt werden, als dem Ruhezustande entspricht. Doch ist dies ein ganz nebensächliches Hülfsmittel der Accommodation, welches höchstens von Kurzsichtigen benutzt wird, um von fernen Objecten etwas deutlichere Bilder zu gewinnen. Im Uebrigen besteht die Accommodation für die Ferne nicht in einer activen Anstrengung, sondern nur in der Erschlaffung des Ciliarmuskels *).

§ 2. Nahepunkt und Fernpunkt. Verschiedene Refractionszustände.

Der Punkt, für den das Auge im Zustande völliger Ruhe eingerichtet ist, heisst Fernpunkt, der Punkt, für den es bei grösstmöglichster Anspannung der Accommodation eingestellt ist, heisst Nahepunkt.

Die Lage des Fernpunktes wird bei normaler Erschlaffungsfähigkeit des Ciliarmuskels nur durch den Bau des Auges bedingt, die Lage des Nahepunktes ausserdem noch durch die Wirkungsfähigkeit des Accommodations-Apparats.

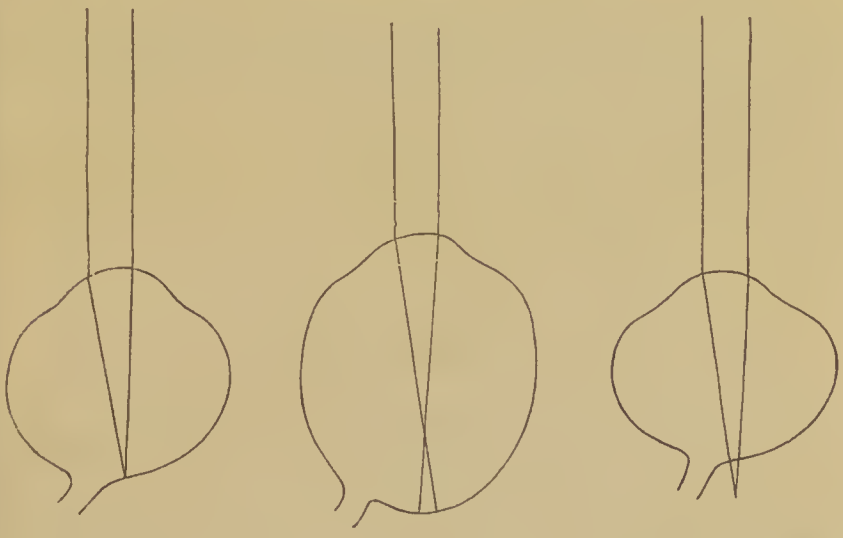
Nach der Lage des Fernpunktes sind verschiedene Refractionszustände zu unterscheiden. Das normale, emmetropische**) Auge hat seinen Fernpunkt in unendlicher Ferne, ist in ruhendem Zustande für parallele Strahlen eingerichtet. Jede Abweichung von der Emmetropie kann als Ametropie bezeichnet werden. Das Auge ist kurzsichtig (myopisch, brachymetropisch), wenn der Fernpunkt in endlicher Entfernung liegt, es ist übersichtig (hy-

*) Ganz neuerdings wird von Hjalmar Heiberg (Centralblatt f. d. medic. Wissensch. 1865. No. 42 und Archiv f. Ophth. XI. 3 pag. 168) wiederum behauptet, es bestehe eine active Accommodation für die Ferne (sogenannte negative Accommodation), welche bewirkt werde durch quergestreifte Muskelfasern, welche er in der Zonula Zinnii gefunden haben will. (?)

**) von ἔμμετρος das richtige Maass einhaltend. Die Ausdrücke Emmetropie, Ametropie, Hypermetropie, Brachymetropie sind von Donders eingeführt worden.

peropisch, hypermetropisch), wenn der Fernpunkt als virtueller Punkt in negativer Richtung, d. h. hinter dem Auge liegt, so dass Strahlen, welche nach diesem hinter dem Auge gelegenen Punkte convergiren, auf der Netzhaut vereinigt werden. Parallel gerichtete Strahlen, welche das Auge treffen, gelangen also bei accommodativer Ruhe nur im emmetropischen Auge nach der Brechung gerade auf der Netzhaut zur Vereinigung, im kurzsichtigen Auge vor der Netzhaut, im übersichtigen Auge hinter der Netzhaut. Der Grund hievon liegt, entgegengesetzt der lange Zeit hindurch üblich gewesenen Meinung, in der Regel nicht in verschiedener Brechkraft der dioptrischen Medien, sondern in verschiedener Länge der Sehaxe. Die beifolgenden schematischen Durchschnitte des emmetropischen (Fig. 1), des kurzsichtigen (Fig. 2) und des übersichtigen (Fig. 3) Auges deuten dies an.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



Nur die Lage des Fernpunktes giebt einen rationellen Eintheilungsgrund für die Refractionsanomalieen des Auges ab, denn die Lage des Nahepunktes sowohl als die „deutliche Sehweite", die man sonst zur Eintheilung benutzte, stehen zum anatomischen Bau des Auges nicht in directer, constanter Beziehung. Die letztere ist zudem ein ziemlich willkürlicher und unbestimmter Begriff. Durch obige Eintheilung, die zuerst von Donders ganz strenge durchgeführt worden ist, gelangt man zu einer scharfen Scheidung der

wesentlich verschiedenen Anomalieen der Refraction und der Accommodation.

Emmetropische Augen, deren Fernpunkt genau in ∞ liegt, sind nicht allzuhäufig. Anscheinend ganz normalbrechende Augen werden bei genauer Prüfung schwach kurzsichtig oder übersichtig gefunden. Auch wird die mathematisch genaue Emmetropie durch den kaum je fehlenden physiologischen Astigmatismus ausgeschlossen. Dies hindert indess nicht, dass die sehr grosse Mehrzahl unter normalen Bedingungen befindlicher, nicht durch besondere Schädlichkeiten afficirter Augen sich der Emmetropie in hohem Grade nähert.

Die Augen der Neugebornen sind in der Regel von mässig kurzsichtigem Bau (Ed. v. Jäger). Zwar ist die Sehaxe viel kürzer (16—17 Mm.) als im Auge des Erwachsenen (22—23 Mm.), doch ist die Brechkraft viel bedeutender, da die Krümmung der Linsenoberfläche viel stärker ist und die Linse schon ungefähr dieselbe Dicke hat wie beim Erwachsenen. Im Laufe der ersten Lebensjahre oder Monate vermindert sich die Myopie schnell mit dem Wachsthum des Auges. Die Emmetropie, welche während des grösseren Theils des Lebens unverändert besteht, macht im höheren Alter einem geringen Grade von Uebersichtigkeit Platz, indem die Linse durch Form- und Dichtigkeitsänderung etwas an Brechkraft verliert.

§ 3. Accommodationsbreite.

Der Abstand des Nahepunktes vom Fernpunkt ist das Gebiet des deutlichen Sehens oder das Bereich der Accommodation. Die Ausdehnung des Accommodationsbereichs könnte man in Zollen und Fussen angeben. Aber das würde nicht zweckmässig sein, weil gleiche Strecken, wenn sie in verschiedenen Abständen vom Auge liegen, keineswegs gleiche Accommodationswirkungen bezeichnen. Ein Accommmodationsgebiet, das sich von 3 bis 13 Zoll vor dem Auge erstreckt, repräsentirt eine viel grössere Accommodationswirkung als ein Gebiet, das von 13 bis 23 Zoll vor dem Auge reicht, obgleich die absolute Ausdehnung in beiden Fällen 10 Zoll beträgt. Solche Angaben würden also nicht ein unmittel-

bares Maass für die Accommodationswirkung abgeben, und nicht in verschiedenen Fällen direct vergleichbar sein.

Viel bequemer und praktischer ist es, wie Young zuerst gethan und wie Donders es allgemein in Gebrauch gebracht hat, den dioptrischen Werth der Accommodationswirkung zu messen. Dieser Werth, Accommodationsbreite*) genannt, drückt das dioptrische Vermögen einer Linse aus, um welches bei der Accommodation für die Nähe die Brechkraft des Auges erhöht wird. Die Wirkung dieser ideellen Linse, welche als der Krystalllinse des Auges auf ihrer Vorderfläche hinzugefügt vorgestellt werden kann, ist die, dass die vom Nahepunkt ausgehenden Strahlen im Auge eine solche Richtung erhalten, als kämen sie vom Fernpunkt.

Die dioptrische Kraft einer Linse ist umgekehrt proportional ihrer Brennweite F, kann also ausgedrückt werden durch $\frac{1}{F}$. Die der Accommodationsbreite entsprechende Linse wird daher mit $\frac{1}{A}$ bezeichnet. Wenn P den Abstand des Nahepunktes vom Auge (genauer vom vorderen Knotenpunkt desselben), R den Abstand des Fernpunktes bezeichnet, so ist $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$, d. h. die Accommodationsbreite ist gleich der Differenz der reciproken Werthe des Nahepunkts- und Fernpunktsabstandes.

Die Entstehung dieses Ausdruckes ist folgende: Nach der dioptrischen Grundformel für die conjugirten Brennweiten ($\frac{1}{x} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a}$, wo f die Brennweite der Linse, a den Abstand eines Punktes, x den Abstand seines Bildes von der Linse bedeutet) ergiebt sich für das Auge $\frac{1}{X} = \frac{1}{F} - \frac{1}{R}$, wenn F die Brennweite, $\frac{1}{F}$ also die Brechkraft des ruhenden Auges, R den Abstand des Fernpunktes und X den des Bildes desselben vom Knotenpunkt bezeichnet. In dem für die Nähe accommodirten Auge, dessen Brechkraft also um $\frac{1}{A}$ zugenommen hat, ist die Vereinigungsweite für die vom Nahepunkt ausgehenden Lichtstrahlen dieselbe wie die Vereinigungsweite der vom Fernpunkt kommenden Strahlen bei ruhender Accommodation, also $\frac{1}{X} = \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{A}\right) - \frac{1}{P}$ (P ist wieder der Abstand des Nahepunktes) folglich $\frac{1}{F} - \frac{1}{R} = \frac{1}{F} + \frac{1}{A} - \frac{1}{P}$ oder $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$.

---

*) Absolute Accommodationsbreite im Gegensatz zu der im folgenden § zu besprechenden relativen und binocularen Accommodationsbreite.

Befindet sich beispielsweise der Fernpunkt in ∞, der Nahepunkt in 4 Zoll Abstand, so ist die Accommodationsbreite $\frac{1}{A} = \frac{1}{4} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{4}$. Befindet sich der Fernpunkt in 10 Zoll, der Nahepunkt in $2^1/_2$ Zoll, so ist $\frac{1}{A} = \frac{1}{2^1/_2} - \frac{1}{10} = \frac{1}{3^1/_3}$. Liegt der Fernpunkt in — 18 Zoll Abstand d. h. 18 Zoll hinter dem Knotenpunkt des Auges, ferner der Nahepunkt 9 Zoll vor dem Knotenpunkt, so ist $\frac{1}{A} = \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{1}{6}$. Die Entfernung im ersten Beispiele von 4 Zoll bis ∞ ist viel grösser als von $2^1/_2$ bis 10 Zoll und doch ist die Accommodationsbreite im zweiten Fall bedeutender. Die absolute Ausdehnung des Accommodationsbereichs ist bei gleichem dioptrischen Werthe um so grösser, je näher der Fernpunkt an ∞ liegt; z. B. die Accommodationsbreite $= \frac{1}{4}$ würde reichen von 2 Zoll bis 4 Zoll, von $2^1/_2$ bis $6^2/_3$ Zoll, von 3 bis 12 Zoll, von 4 Zoll bis ∞, von 6 Zoll bis — 12 Zoll.

Der Vortheil der neuen Bezeichnung liegt auf der Hand. Indem man nicht die Differenz der Abstände des Nahepunktes und Fernpunktes selbst, sondern die Differenz der reciproken Werthe beider angiebt, gewinnt man sofort ein Maass der wirklich vorhandenen Accommodationswirkung, das von dem Refractionszustande des Auges ganz unabhängig ist. Die absolute Ausdehnung des Accommodationsgebiets aber und die Lage des Nahepunktes lässt sich für jede Lage des Fernpunktes augenblicklich aus der Lage des Fernpunktes und der Accommodationsbreite berechnen.

Ein normales Maass der Accommodationsbreite lässt sich nicht allgemein, sondern nur ungefähr für ein bestimmtes Lebensalter angeben. Donders' Untersuchungen haben nämlich das merkwürdige Resultat geliefert, dass (wegen zunehmender Festigkeit und abnehmender Elasticität der Linse) die Accommodationsbreite mit grosser Regelmässigkeit von Jahr zu Jahr abnimmt. Und zwar beginnt diese Abnahme schon in früher Jugend, so früh als man überhaupt Untersuchungen darüber anstellen kann. Bereits vom zehnten Jahre an, wo er sich ungefähr in $2^2/_3$ Zoll Abstand befindet, rückt der Nahepunkt successive ab, die Accommodationsbreite sinkt allmählich, beträgt im 40ten Lebensjahre etwa noch $\frac{1}{8}$, bis sie schliesslich in höherem Alter beinahe gänzlich verschwindet. Damit ist denn auch einige Abnahme der Refraction verbunden, so dass das Auge in höherem Alter zugleich hyperopisch wird. Näheres hierüber in den späteren Abschnitten.

§ 4. Relative Accommodationsbreite.

Es besteht ein gewisser Zusammenhang zwischen der Accommodationsthätigkeit und der Convergenz der Sehlinien beider Augen. Nicht etwa, dass an einen bestimmten Convergenzgrad jedesmal ein bestimmter Accommodationszustand unlösbar gebunden wäre. Dass dies nicht der Fall ist, wird schon dadurch bewiesen, dass, während beide Augen auf einen Punkt im mittleren Accommodationsbereich gerichtet sind, auch dann noch scharf gesehen wird, wenn schwache positive oder negative Gläser oder schwache Prismen vor das Auge gehalten werden. In dem einen Falle wird bei unveränderter Augenstellung die Accommodation, im andern Falle bei unveränderter Accommodation der Convergenzwinkel geändert.

Das ganze Quantum der Accommodation ist indessen keineswegs bei jeder Stellung der Augen zu verwerthen, sondern jedem Convergenzgrade entspricht ein gewisser eingeschränkter Accommodationsspielraum, die disponible oder relative Accommodationsbreite bei einer gegebenen Convergenz $(\frac{1}{A_i})$, der Abstand des relativen d. h. auf eine bestimmte Stellung bezüglichen Nahepunktes vom relativen Fernpunkt. Die äussersten Grenzen der absoluten Accommodationsbreite lassen sich nicht bei entgegengesetzten Convergenzzuständen erreichen d. h. nicht die Einrichtung für den absoluten Nahepunkt bei parallelen Sehlinien, und nicht die Einrichtung für den absoluten Fernpunkt bei stärkster Convergenz der Sehlinien.

Der Zusammenhang zwischen Convergenzstellung und Accommodation, beide unter dem Einfluss verschiedener Zweige desselben Nerven, des Oculomotorius stehend, besteht in einer durch die Gewohnheit angelernten Association (Mitbewegung), daher er auch veränderlich ist und die Uebung einen Einfluss auf den Grad der associirten Thätigkeit äussert. Durch längeres Tragen von Brillen oder Prismen, welche einen der Factoren, Convergenz oder Accommodation, ohne den andern ändern, erfolgt eine allmähliche Dislocation der relativen Accommodationsgebiete d. h. man gewöhnt sich mit einer bestimmten Contraction des einen Muskels eine stärkere resp. schwächere Contraction des anderen zu associiren. Das emmetropische Auge kann durch permanentes Benutzen von positiven Gläsern myopisch, durch negative Gläser hyperopisch gemacht werden, und nimmt

sehr schnell die Eigenthümlichkeiten dieser Zustände in Bezug auf die relative Accommodationsbreite an, die sich freilich mit dem Ablegen der Brille eben so schnell wieder verlieren.

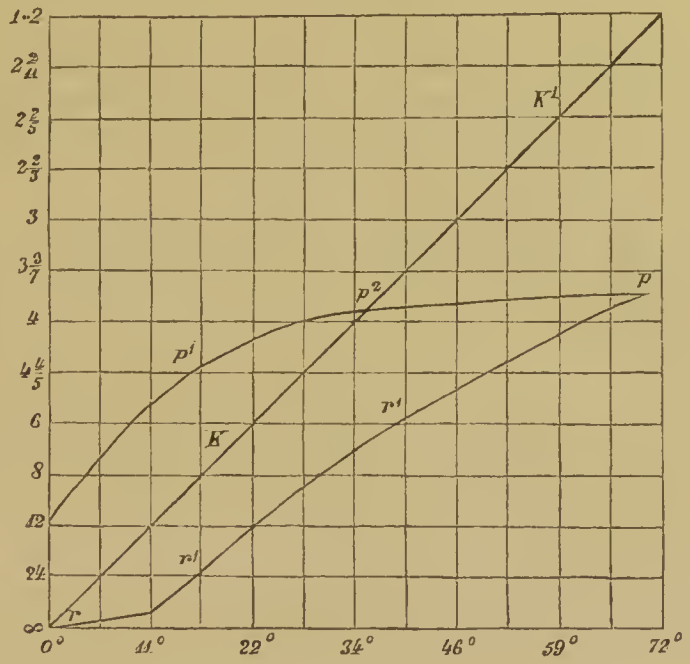
Der Theil des bei einer gegebenen Augenstellung disponiblen Accommodationsvermögens, welcher sich auf geringere Entfernung als die des Convergenzpunktes bezieht, wird bezeichnet als der positive Theil, der auf grössere Abstände sich beziehende Theil hingegen als der negative Theil der relativen Accommodationsbreite. Beispielsweise mag in einem normalsichtigen Auge mit $A = \frac{1}{4}$ der bei einem Convergenzwinkel von 30° verwendbare Theil der Accommodation oder die relative Accommodationsbreite $\frac{1}{6}$ betragen. Das Auge ist also im Stande in dieser Stellung nicht bloss für den Abstand des Convergenzpunktes zu accommodiren, sondern auch näher und ferner. Das Stück um das es näher accommodiren kann, beträgt seinem dioptrischen Werthe nach ungefähr $\frac{1}{15}$, das Stück um das es ferner accommodiren kann, beträgt $\frac{1}{10}$, ersteres ist der positive, letzteres der negative Theil der relativen Accommodationsbreite.

Das Verhältniss aber von positivem und negativem Theil der relativen Accommodationsbreite ist von Wichtigkeit, denn davon hängt die Verwendbarkeit der Accommodation auf längere Dauer ab. Nur wenn der positive Theil im Verhältniss zum negativen nicht zu klein ist, wenn also nicht das äusserste oder beinahe äusserste Maass von Anstrengung erforderlich ist, kann die Accommodation in der betreffenden Stellung für den Convergenzpunkt anhaltend benutzt werden. Ermüdung (Asthenopie) jedoch tritt ein, wenn der positive Theil beträchtlich kleiner ist als der negative. Eine bestimmte Regel darüber, wie gross das Verhältniss zwischen beiden Theilen unbeschadet dauernder Benutzung der Accommodation sein darf, kennen wir noch nicht; es finden bei verschiedenen Zuständen und bei verschiedenen Individuen Unterschiede statt. Doch darf man im Allgemeinen annehmen, dass die anhaltende Benutzung einer Augenstellung möglich ist, wenn der positive Theil wenigstens die Hälfte der ganzen relativen Accommodationsbreite beträgt (v. Graefe).

Donders hat diese Verhältnisse auf sehr anschauliche Weise graphisch dargestellt. s. Fig. 4.

In verschiedenen Punkten der Diagonale KK′ schneiden sich die Querlinien, neben denen die die Abstände vom Auge bezeichnenden Zahlen stehen und die Verticallinien, unter denen der jedem Ab-

Fig. 4.



stande zukommende Convergenzwinkel der Sehlinien verzeichnet ist. Die Linie p_1 p_2 p stellt den Gang des Nahepunktes, die Linie r_1 r den Gang des Fernpunktes für die verschiedenen Convergenzgrade dar. Der von beiden Linien eingeschlossene Raum bedeutet die auf jeder Verticallinie abzulesenden relativen Accommodationsbreiten, welche durch die Diagonale KK′ in den oberen, positiven und den unteren, negativen Theil getheilt werden.

Die Figur stellt für jede mögliche Convergenz die relativen Accommodationsbreiten eines emmetropischen Auges mit $\frac{1}{3.69}$ absoluter Accommodationsbreite dar. Aus ihr ersieht man, dass das Auge bei parallelen Sehlinien von ∞ bis 11 Zoll accommodiren kann, diese ganze relative Accommodationsbreite $\left(\frac{1}{A_1} = \frac{1}{11}\right)$ ist positiv. Bei einer Convergenz von 22° reicht die relative Accommodationsbreite etwa von 12 Zoll bis 4⅙″ $\left(\text{also } \frac{1}{A_1} = \frac{1}{6\frac{3}{8}}\right)$ und zwar von 12″ bis 6″ der negative, von 6″ bis 4⅙″ der positive Theil. p_2 in 3.8″ Abstand bezeichnet den Nahepunkt des binocularen Sehens. Bei noch stärkerer Convergenz bleibt die Nahepunktslinie auf der negativen Seite d. h. unterhalb der Diagonale KK′, die Accommodation für den Convergenzpunkt ist nicht mehr möglich.

Der absolute Nahepunkt p liegt dem Auge noch etwas näher als p_2, nämlich 3·69″ vom Auge, aber um für ihn zu accommodiren, ist eine viel stärkere als die diesem Abstande entsprechende Convergenz erforderlich, nämlich von 70° und der Accommodationsspielraum ist für diesen Convergenzgrad auf einen Punkt beschränkt.

Donders hat diese Resultate mit Hülfe eines eigens für diesen Zweck construirten binocularen Optometers gefunden, indem er ermittelte, wie starke positive und negative Gläser in jeder Stellung durch Anstrengung resp. Erschlaffung der Accommodation überwunden werden konnten.

Bei abnormen Refractionszuständen ist der Uebung und Gewohnheit zufolge nicht allein die Ausdehnung und Lage des relativen Accommodationsgebiets für die einzelnen Augenstellungen verschieden von der des emmetropischen Auges, sondern auch die Vertheilung desselben in einen positiven und einen negativen Theil. Ametropische Augen werden daher durch Bewaffnung mit Brillen nicht sofort zu emmetropischen Augen. Erst durch längeres Tragen derselben erfolgt bis zu einem gewissen Grade eine Ausgleichung.

Myopen brauchen, um scharf zu sehen, bei geringer Convergenz der Sehlinien viel weniger zu accommodiren als Emmetropen, erst bei stärkerer Convergenz erfolgt merklichere Anspannung der Accommodation. Der negative Theil der relativen Accommodationsbreite ist bei ihnen im Allgemeinen von geringer Ausdehnung im Verhältniss zum positiven, daher die anhaltende Benutzung der Accommodation keine Schwierigkeit macht. Die grössere Anstrengung ist vielmehr auf Seiten der inneren geraden Augenmuskeln, welche beim binocularen Seben die hohen Convergenzgrade erhalten müssen, und giebt daher oft Gelegenheit zur Ermüdung der Muskeln und den Symptomen muskularer Asthenopie. Durch den regelmässigen Gebrauch von Concavgläsern tritt eine allmähliche Aenderung ein; die relative Accommodationsbreite verhält sich dann ähnlich der des emmetropischen Auges.

Hyperopen im Gegentheil müssen schon bei geringer Convergenz viel stärker accommodiren, als Emmetropen; daher bei zunehmender Convergenz kein grosser Zuwachs an Accommodation mehr erfolgen kann. Demzufolge ist der positive Theil der relativen Accommodationsbreite von sehr geringer Ausdehnung in Beziehung zu dem negativen Theil. Die übertriebene Anspannung der Accommodation kann nicht dauernd unterhalten werden, es folgt bald Ermüdung, accommodative Asthenopie. Das ungünstige Verhältniss dauert sogar nach der Ortsveränderung des relativen Accommodationsgebietes

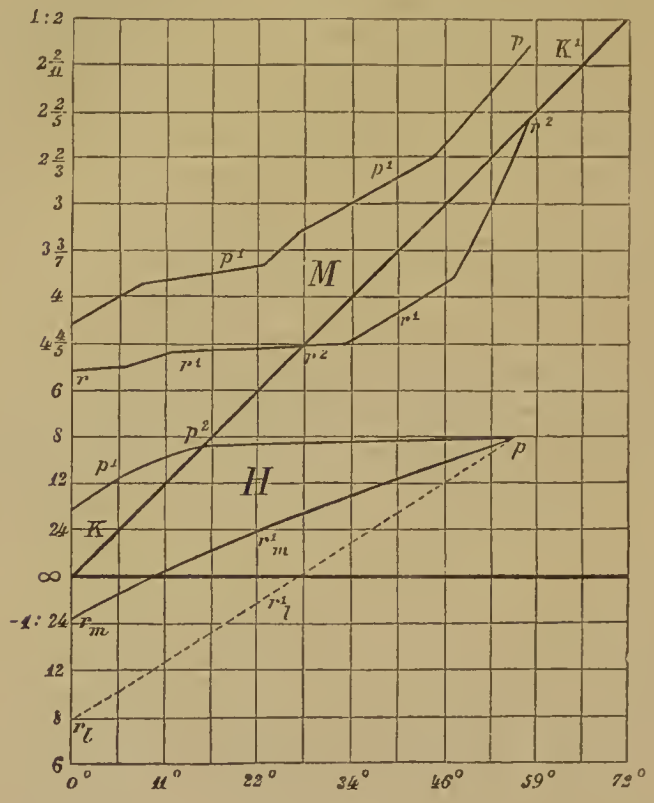
durch Uebung mit Convexgläsern fort, es wird noch ungünstiger durch Abnahme der gesammten Accommodation. Die totale relative Accommodationsbreite des hyperopischen Auges wird in allen Augenstellungen dadurch sehr verkleinert, dass ein Theil der Accommodation, nämlich der am weitesten nach der negativen Seite gelegene niemals zur Wirksamkeit kommen kann, worin die Latenz eines Theils der Hyperopie begründet ist. Es kann, besonders bei hochgradigen Abnormitäten der Refraction geschehen, dass der positive oder der negative Theil der relativen Accommodationsbreite ganz verschwindet, ja es kann der Fixirpunkt ganz ausserhalb — diesseits oder jenseits — des für die betreffende Stellung disponiblen Accommodationsgebiets zu liegen kommen. Wenn die Refraction stark verringert ist (bei stark hypermetropischem Bau), so kann schon bei ganz schwacher Convergenz oder bei parallelen Sehlinien das Maximum der Accommodation erforderlich sein. Da dieses aber erst bei stärkerer Convergenz disponibel ist, so ist das binoculare Deutlichsehen ohne künstliche Hülfsmittel unmöglich, zunächst für die in Rede stehende Entfernung, dann aber auch oft für alle endlichen Entfernungen (cf. relative Hyperopie). Ferner: Bei sehr stark vermehrtem Refractionszustande (hochgradigster Myopie) kann selbst ohne alle Anspannung der Accommodation, doch nur in so geringer Entfernung deutlich gesehen werden, dass zu binocularer Fixation eine bedeutende Convergenz erforderlich ist. Da aber diese bedeutende Convergenz einige associirte Spannung der Accommodation unausbleiblich mit sich führt, so hört das binoculare Scharfsehen auf. Es kann das für das ganze Accommodationsgebiet gelten, wenn bei jedem Convergenzgrade trotz aller Uebung die accommodative Mitbewegung zu stark ist, um jemals eine scharfe Einstellung zu gestatten (cf. Myopie mit relativer Insufficienz der M. interni), ein Nachtheil, der oft durch Brillen, zuweilen jedoch nur durch eine Erhöhung der Kraft der innern Augenmuskeln gehoben werden kann. Auch für das emmetropische Auge findet, wie oben (pag. 14) gezeigt, Aehnliches für die Region des absoluten Nahepunktes statt.

Hienach kann man, wie Donders es thut, noch einen binocularen Nahe- und Fernpunkt, sowie eine binoculare Accommodationsbreite unterscheiden $\left(\frac{1}{A_2}\right)$. Die letztere wird unter den soeben erwähnten Umständen $= 0$, während doch die absolute Accommodationsbreite normal sein kann.

Die nachfolgende Figur 5. (nach Donders) giebt eine graphische Darstellung des eben Erörterten, und liefert zugleich die numerischen Angaben nach Donders Beobachtungen in einem Falle von Myopie und einem von Hyperopie. Sehr instructiv ist die Vergleichung des Ganges der die relativen Accommodationsbreiten ange-

benden Curven bei abweichenden Refractionszuständen mit denen der Emmetropie in Fig. 4. Die nähere Erläuterung bleibt übri-

Fig. 5.



gens den speciellen Abschnitten über Myopie und Hyperopie vorbehalten.

§ 5. Messung der Sehschärfe.

Vor Besprechung der optometrischen Methoden schalte ich die Auseinandersetzung der Methode zur genauen Bestimmung der Sehschärfe ein, da von dieser schon bei jenen ersteren, wie überhaupt bei der Diagnose der Refractionsstörungen alsbald Gebrauch gemacht werden wird.

Zu unbestimmte und ungefähre Angaben über den Grad der Sehschärfe sind für den Augenarzt sehr häufig unzureichend; eine Messungsmethode mit ziemlich genauen, vergleichungsfähigen Resultaten ist für ihn ein dringendes Bedürfniss.

Die Wahrnehmbarkeit sehr feiner Objecte wechselt ausserordentlich nach ihrer Helligkeit. Der zum Erkennen erforderliche kleinste Sehwinkel, bei schwach beleuchteten Objecten nicht unerheblich, kann bei stark leuchtenden bis auf 0 sinken, wie die Sichtbarkeit der Fixsterne beweist. Das Bild eines Fixsterns ist niemals ein vollkommen punktförmiges sondern ein Zerstreuungsbild von oft nicht unbeträchtlicher Ausdehnung. Deshalb, und weil die Lichtintensität dieses Zerstreuungsbildes bedeutend ist, sind wir im Stande, den punktförmigen Fixstern wahrzunehmen. Ein Lichtpunkt von mässiger Leuchtkraft dagegen entschwindet schon in geringer Entfernung unserem Blicke.

Es kommt darauf an durch Benutzung constanter Prüfungsobjecte bei constanter Beleuchtung den kleinsten, eine deutliche Distinction gestattenden Netzhautwinkel im speciellen Falle zu ermitteln.

In Bezug auf die Beleuchtung genügt es für gewöhnliche Fälle sich der mittleren Tageshelle zu bedienen. Als Prüfungsobjecte dienen am besten Buchstaben von verschiedener Grösse, wie sie in den bekannten Druckschriftscalen zusammengestellt sind. Besonders empfehlenswerth ist zu diesem Zweck das nach rationellen Grundsätzen bearbeitete System von Probebuchstaben des Dr. H. Snellen (2te Auflage. Berlin 1863. Peters). Es sind sorgfältig hergestellte Buchstaben, deren verticale und horizontale Theile von gleicher, $\frac{1}{5}$ der Höhe betragender Dicke sind. Ihre Grösse steigt von $\frac{1}{5}$ Pariser Linie bis 42 Pariser Linien, sie bilden theils zusammenhängende Leseproben, theils, um das Errathen beim Lesen zu verhindern, unzusammenhängende Buchstabenreihen. Der kleinste Sehwinkel, unter dem ein normales Auge diese Buchstaben erkennt, beträgt durchschnittlich 5 Minuten (im Maximum etwa $3\frac{1}{2}$ Minuten). Jede Buchstabenprobe trägt eine Nummer, welche in Pariser Fussen den Abstand angiebt, für welchen die Buchstaben unter einem Winkel von 5 Minuten erscheinen. Man hat nun den grössten Abstand zu ermitteln, in welchem eine Buchstabenreihe von dem zu prüfenden (im Falle vorhandener Refractions- oder Accommodationsstörung mit dem erforderlichen Glase auszurüstenden) Auge erkannt wird. Dann ergiebt sich die Sehschärfe (S) als das Verhältniss beider Werthe. Man hat die einfache Formel

$S = \frac{d}{D}$, wenn D den durch die Nummer der Schriftprobe gegebenen Abstand bezeichnet, in welchem sich die Buchstaben unter einem Winkel von 5 Minuten zeigen, in welchem sie also vom normalen Auge erkannt werden, — d den Abstand, in dem von dem zu prüfenden Auge die Probe noch erkannt wird.

Wenn z. B. No. X in 10 Fuss Abstand erkannt wird, so ist $S = \frac{10}{10} = 1$ d. h. normal. Wird No. X nur in 5 Fuss erkannt, so ist $S = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$, wird No. VIII nur in $1\frac{1}{2}$ Fuss erkannt, so ist $S = \frac{1\frac{1}{2}}{8} = \frac{1}{5\frac{1}{3}}$.

Bei schriftlicher Verzeichnung des Resultates der Sehprüfung ist es zweckmässig, die Brüche unreducirt zu lassen, so dass man später aus der Angabe zugleich ersehen kann, aus welcher Schriftprobe das Ergebniss gewonnen ist. Z. B. wenn $S = \frac{1\frac{1}{2}}{8}$ notirt ist, so weiss man, dass die Untersuchung mit der Probe VIII angestellt wurde.

Ist die Herabsetzung von S so bedeutend, dass selbst die grössten Buchstaben nicht mehr ausreichen, so untersucht man auf welchen Abstand Finger gezählt oder die Bewegungen der Hand erkannt werden und bezeichnet erstere Probe, der ungefähren Grösse des Sehwinkels entsprechend als No. 200, letztere als No. 1000. $S = \frac{3}{1000}$ würde also heissen: Die Bewegung der Hand wird auf 3 Fuss erkannt.

Auch die Sehschärfe in den Seitentheilen des Sehfeldes kann auf ähnliche Art bestimmt werden, wie die Sehschärfe in der Fixationsrichtung.

Jede irgend merkliche Herabsetzung der Sehschärfe bezeichnen wir als Amblyopie, Schwachsichtigkeit, deren Grad wir, wie oben angegeben, ausdrücken durch einen Bruch, welcher das Verhältniss zur normalen Sehschärfe angiebt.

Zu berücksichtigen ist indessen, dass die Sehschärfe auch bei sonst gesunden Augen im Alter abnimmt, einmal wegen verminderter Durchsichtigkeit der Medien, sodann wegen seniler Veränderungen in Netzhaut und Sehnerv. Schon vom 30. Jahre an pflegt sie allmählich und stetig zu sinken, so dass sie um das 80. Jahr etwa nur $\frac{1}{2}$ beträgt (Donders). In jüngeren Jahren ist S dagegen oft grösser als 1; kann sogar in Ausnahmsfällen fast bis 2 steigen.

Die beschriebene Prüfungsmethode gewährt zugleich ein Urtheil über die Refraction und Accommodation des Auges. Stellt sich z. B. heraus, dass zwar No. I in 1 Fuss, auch No. II in 2 Fuss, aber nicht No. XX in 20 Fuss gelesen wird, so ist klar, dass letzteres nicht an einer Verminderung der Sehschärfe liegen kann, denn S ist $= \frac{2}{II} = 1$. Es liegt vielmehr eine Refractionsstörung vor. Aus dem Abstande von 20 Fuss werden keine deutlichen Netzhautbilder mehr entworfen, der Fernpunkt liegt diesseits 20 Fuss und jenseits 2 Fuss.

Ferner: Wenn zwar No. XX in 20 Fuss deutlich erkannt wird, aber nicht No. I in 1 Fuss, so kann nicht Amblyopie der Grund sein, denn S ist $= \frac{20}{XX} = 1$, sondern der Mangel eines deutlichen Netzhautbildes von einem 1 Fuss entfernten Gegenstande. Der Nahepunkt liegt also jedenfalls ferner als 1 Fuss; sei es nun dass eine Abnormität der Refraction oder der Accommodation daran Schuld sei.

Wir entnehmen daraus die Regel: Eine Refractions- oder Accommodationsstörung ist vorhanden, wenn für verschiedene Entfernungen das Distinctionsvermögen sich als ungleich herausstellt.

Auch welcher Natur die Anomalie ist, ob der Fernpunkt zu fern oder zu nah liegt, ja selbst annähernd der Grad der Anomalie lässt sich aus diesen Prüfungen schliessen, zu genauerer Gradbestimmung jedoch ist die Benutzung von Brillengläsern oder optometrische Bestimmung der Lage des Nahe- und Fernpunktes erforderlich.

§ 6. Bestimmung der Accommodationsgrenzen. Optometrie.

Neueste Literatur. v. Graefe, Vortrag über Optometrie und ein zu optometrischen Messungen verwendbares Instrument. Deutsche Klinik 1863. 10. A. Burow, Ein neues Optometer. Berlin 1863.

Ein dringendes Erforderniss zur Beurtheilung der Refractions- und Accommodationsanomalieen ist die Feststellung der Accommodationsgrenzen, des Nahepunktes und Fernpunktes, — eine keineswegs immer ganz leichte Aufgabe. Es kommt darauf an, mit möglichster Genauigkeit die Grenzen festzustellen, jenseits deren die Sehobjecte aufhören, scharfe Netzhautbilder zu liefern, oder

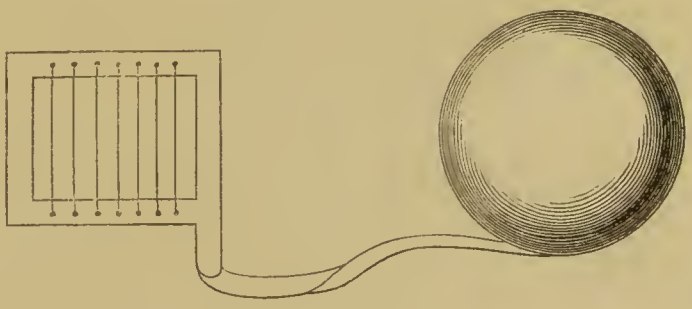
wenigstens, jenseits deren die Undeutlichkeit der Netzhautbilder so gross wird, dass die Distinction zu leiden beginnt. Verschiedene Principien können zu den optometrischen Bestimmungen benutzt werden, praktischer Anwendung jedoch sind bis jetzt nur die folgenden fähig.

1. Das Princip des bekannten Scheiner'schen Versuchs, die Theilbarkeit der Zerstreuungskreise durch Theilung der Schöffnung. Ein Punkt, welcher durch zwei sehr nahe neben einander befindliche kleine Oeffnungen hindurch betrachtet wird, erscheint nur im Falle genauer Accommodation einfach, sonst doppelt. Auf dies Princip sind die älteren Optometer gegründet, z. B. die von Th. Young und Stampfer. Diese sind wohl zu wissenschaftlichen Zwecken bei geübten Experimentatoren tauglich, indessen nicht zum augenärztlichen Gebrauch. Zwar geben solche Optometer sichere Auskunft, ob das Auge für eine bestimmte Entfernung eingerichtet ist oder nicht, aber zur Ermittelung der Grenzen der Accommodation sind sie deshalb nicht zweckmässig, weil das Doppelterscheinen eines Punktes oder einer Linie keinen genügenden Impuls für die Accommodationsthätigkeit bietet, und weil daher die meisten nicht besonders eingeübten Individuen beim Hineinsehen in den geschlossenen Tubus keine Veranlassung finden, die Accommodation wirklich bis an ihre Grenzen zu führen. Viel leichter geschieht dies, wenn das Sehobject ein die Aufmerksamkeit mehr fesselndes ist, so dass das Bestreben erwacht, die Einzelnheiten deutlich zu erkennen.

2. Das Princip der ungleichen Concentration der Lichtstrahlen in den Zerstreuungsbildern. Die Unregelmässigkeiten in den brechenden Medien, insbesondere der Linse, erklären es, dass jeder Zerstreuungskreis Beleuchtungscentra und Beschattungscentra enthält, wodurch bei ungenauer Accommodation Nebenbilder von Punkten und Linien entstehen und ein Mehrfachsehen, Polyopia uniocularis, verursacht wird (cf. den Abschnitt über unregelmässigen Astigmatismus). Dies Princip kann in mannigfaltiger Weise optometrisch verwerthet werden. Donders benutzt einen einfachen fernen Lichtpunkt (cf. die Diagnose des Astigmatismus), v. Graefe das sehr einfache sogenannte Stäbchen

optometer. In einem an graduirtem Maassstabe verschiebbaren, oder mit einem Rollmaasse verbundenen Rähmchen (Fig. 6.) sind äusserst dünne Drähte ausgespannt, oder Plättchen, welche ganz

Fig. 6.



schmale Spalten zwischen sich lassen. Bei unvollkommener Einstellung des Auges auf das gegen einen hellen Hintergrund gehaltene Instrument verschwindet sofort die Schärfe der Drähte resp. der Spalten, und dieselben erscheinen in mehrere schattenartige farbige Bilder zerfallen. Man vermag daher mit befriedigender Genauigkeit die Grenzen der scharfen Einstellung anzugeben.

3. Das Princip des Minimums des Distinctionswinkels. Durch die in Folge unrichtiger Einstellung des Auges entstehenden Zerstreuungskreise muss die Feinheit der Distinction vermindert werden, ein grösserer Gesichtswinkel wird zum Erkennen erforderlich sein. Kennt man daher den kleinsten Winkel, unter dem der zu Prüfende bei richtiger Accommodation eine bestimmte Gattung von Objecten erkennt, so kann man aus der Zunahme dieses Distinctionswinkels die Grenzen des Accommodationsgebiets feststellen.

Diese Methode ist für die gewöhnliche praktische Anwendung bei Weitem die bequemste, daher sie etwas ausführlicher besprochen zu werden verdient. Es bedarf zu der Untersuchung keines weiteren instrumentellen Apparats. Probebuchstaben und eine Sammlung convexer und concaver Brillengläser genügen in allen Fällen; nur zur Vereinfachung und Abkürzung des Verfahrens sind auch complicirtere Optometer nach dem zuletzt erwähnten Prin-

cip construirt worden, welche weiter unten beschrieben werden *).

Die Snellen'schen Schriftproben sind sehr geeignet zu diesen Untersuchungen. Schon geringe Zerstreuungskreise machen das Erkennen derselben in der zukömmlichen (in der Nummer jeder Schriftprobe bezeichneten) Entfernung unmöglich, und man kann einer nahezu genauen Einstellung des Auges versichert sein, wenn eine Schriftnummer in dem entsprechenden Abstande richtig und fliessend entziffert wird.

Zur Erlangung eines sicheren Resultates ist es nothwendig, die Stellung beider Augen zu einander zu beachten. Bei der Bestimmung des Fernpunktes ist den Sehlinien eine parallele, bei der Bestimmung des Nahepunktes eine stark convergente Richtung zu geben, weil nur unter diesen Bedingungen die äussersten Grenzen der Accommodation erreicht werden können.

Die Bestimmung des Fernpunktes geschieht nun auf folgende Weise. Damit die Sehlinien nahezu parallel gerichtet werden, lässt man Buchstaben in 20 Fuss, oder wenn das Zimmer nicht

Fig. 7.

XX

U Y A C E

XV

N P R T V Z

solche Dimensionen hat, in wenigstens 15 Fuss Entfernung betrachten. Die No. XX resp. XV der Snellen'schen Tafeln werden

*) Noch andere Principien können zu optometrischen Zwecken benutzt werden z. B. das Princip der Irradiation, welche nach den neueren Untersuchungen als Folge ungenauer Accommodation zu betrachten ist, ferner das Princip der ungleichmässigen Farbenzerstreuung. Ich gehe auf dieselben nicht weiter ein, da sich zur Zeit noch keine allgemein brauchbaren Methoden darauf gründen lassen. v. Graefe hat diese Principien in dem citirten Aufsatze zusammengestellt.

dazu benutzt, sie müssen bei normaler Sehschärfe in 20 resp. 15 Fuss erkannt werden.

Es wird nun das schwächste Concavglas oder das stärkste Convexglas ermittelt, mit denen diese Schriften erkannt werden. Die Brennweite des gefundenen Glases giebt unmittelbar den gesuchten Fernpunktsabstand. Ist kein Glas erforderlich, d. h. wird mit blossem Auge die Schrift erkannt und verschlechtert das schwächste Convexglas, so liegt der Fernpunkt 20 Fuss vom Auge, oder was fast dasselbe bedeutet in ∞. War ein Concavglas nothwendig, so liegt der Fernpunkt um die Focaldistanz des Glases vor dem Auge. War mit einem Convexglase das Erkennen möglich, so liegt der Fernpunkt um die Focaldistanz des Glases in negativer Richtung, d. h. hinter dem Auge. Wurde endlich durch kein positives oder negatives Glas ein deutliches Erkennen erreicht, so besteht eine Herabsetzung der Sehschärfe, Amblyopie im weitesten Sinne des Wortes, Astigmatismus und Trübungen der brechenden Medien mit eingeschlossen. Um dann doch die Prüfung des Refractionszustandes möglich zu machen, muss zuvor der Grad der verringerten Sehschärfe genau ermittelt, und dem entsprechend grössere Objecte zur Prüfung gewählt werden. Die Prüfung geschieht dann ganz in der angegebenen Weise.

Weshalb ist der Fernpunktsabstand gleich der Brennweite der nach obiger Angabe gefundenen Linse? Ein kurzsichtiges Auge würde mit verschiedenen Concavgläsern fähig sein auf 20 Fuss deutlich zu erkennen. Bei stärkeren Concavgläsern müsste die Accommodation des Auges angestrengt werden, das schwächste, mit welchem bei völliger Accommodationsruhe scharf gesehen wird, giebt den Fernpunktsabstand. Parallele Strahlen nämlich, welche auf eine concave Linse fallen, erhalten durch die Brechung eine so divergente Richtung, als kämen sie von dem Brennpunkte der Linse. Kann also mit einer gewissen Concavlinse (als der schwächsten) in der Ferne, oder, was ziemlich gleichbedeutend, in 20 Fuss scharf gesehen werden, so heisst das: Auf der Netzhaut können erst Strahlen von solcher Divergenz zu einem Bilde vereinigt werden, wie sie dem Abstand des Brennpunktes jener Concavlinse entspricht oder mit andern Worten, der Fernpunkt des Auges fällt mit dem Brennpunkte der Linse zusammen.

Genau genommen ist der Fernpunktsabstand, unter dem wir ja den Abstand des Fernpunktes vom Knotenpunkt des Auges

verstehen, noch etwas grösser, als oben angegeben wurde. Es muss nämlich zu der negativen Brennweite der Linse noch der Abstand der Linse vom Knotenpunkt des Auges hinzugerechnet werden. Nennen wir letzteren, der meist $^1/_2$—$^3/_4$ Zoll beträgt, x und die negative Brennweite der Linse F, so ist der genaue Fernpunktsabstand R = x + F. Wenn z. B. — 6 das schwächste zum Erkennen von XX ausreichende, $^1/_2$ Zoll vor dem Auge, also etwa $^3/_4$ Zoll vor dem Knotenpunkt gehaltene Glas wäre, so befände sich der Fernpunkt $6^3/_4$ Zoll vor dem Knotenpunkt.

Ganz ähnlich ist die Deduction für das hyperopische Auge. Ein hyperopisches Auge würde mit Convexgläsern verschiedener Stärke im Stande sein No. XX auf 20 Fuss zu lesen; es müsste aber bei schwächeren Gläsern seine Accommodation wirken lassen. Je stärker das Convexglas, desto weniger braucht die Accommodation angestrengt zu werden, das stärkste Glas mit dem noch deutlich erkannt wird, bezeichnet den Zustand möglichster Erschlaffung der Accommodation. Das Convexglas nun macht parallel auffallende Strahlen so convergent, dass sie auf den Brennpunkt des Glases gerichtet sind. Ist nun noch Deutlichsehen bei einer solchen Convergenz der Lichtstrahlen (als der stärksten) möglich, so bedeutet das: Der Fernpunkt liegt nicht vor, sondern hinter dem Knotenpunkte des Auges und zwar soweit als die Brennweite jenes Convexglases betrug. Oder doch beinahe soviel, und genauer gesagt, es muss der Abstand des Glases vom Knotenpunkte des Auges von der Brennweite abgerechnet werden. x sei wiederum dieser Abstand und F die Brennweite des Glases, negativ, weil die Richtung hinter dem Auge zu bezeichnen ist, so ist x — F der wahre Fernpunktsabstand des hyperopischen Auges. Es sei z. B. + 10 das stärkste Convexglas mit dem XX auf 20 Fuss erkannt wird, wenn es sich $^3/_4$ Zoll vor dem Knotenpunkt des Auges befindet. Der Fernpunkt befindet sich dann in $^3/_4$—10″ vor, d. h. in $9^1/_4$ Zoll hinter dem Knotenpunkte des Auges.

Die Rücksichtnahme auf den geringen Abstand des zur Prüfung benutzten Glases kann überall unterlassen werden, wo es sich nicht um sehr grosse Genauigkeit, und nicht um Gläser von sehr geringer Brennweite handelt, bei denen $^1/_2$—$^3/_4$ Zoll mehr oder weniger allerdings schon sehr ins Gewicht fallen würde.

Die besonderen Schwierigkeiten, welche der sicheren Bestimmung des Fernpunktes mancher, besonders hyperopischer Augen wegen unvollkommener Erschlaffung der Accommodation entgegenstehen, durch künstliche Lähmung der Accommodation aber jederzeit besiegt werden können, werden in dem Capitel über Hyperopie Erwähnung finden.

Die genaue Bestimmung des Nahepunktes bietet noch mehr Schwierigkeit als die Bestimmung des Fernpunktes. Da bei der Accommodation für den Nahepunkt die Pupille sich stark verengt, so bewirken geringe Abweichungen von der richtigen Accommodation nur sehr kleine Zerstreuungskreise, und machen sich daher wenig bemerklich. Auch ist das Maximum der Accommodationsspannung sehr von der Uebung abhängig, und kann nur für einen kurzen Moment eingehalten werden; bei mehreren auf einander folgenden Versuchen bekommt man wegen schnell eintretender Ermüdung verschiedene Resultate.

Zu praktischen Zwecken genügt meistentheils die Prüfung mit der kleinsten Schrift der üblichen Schriftscalen, weil schon geringe Zerstreuungskreise das deutliche Erkennen derselben unmöglich machen *). Man hat nur bei allmählicher Annäherung den geringsten Abstand zu ermitteln, in welchem die feinste Druckschrift erkannt wird.

In Fällen jedoch, wo der Nahepunkt weit vom Auge entfernt ist, kommt man auf diese Weise mit freiem Auge nicht zum Ziel. Einerseits sind für die grösseren Abstände die Sehobjecte zu fein, andrerseits fehlt der höhere Grad von Convergenz der Sehlinien, ohne welchen die volle Anstrengung der Accommodation nicht möglich ist. Man bringt daher das Accommodationsgebiet durch ein positives Glas dem Auge näher. Convexgläser von 10—6 Zoll Brennweite sind dazu geeignet, nur bei höheren Graden von Hyperopie würden stärkere nöthig sein. Hat man mit Hülfe eines solchen Glases den Nahepunkt festgestellt, so berechnet sich leicht der wirkliche Nahepunkt aus dem modificirten; nämlich durch Subtraction der Hülfslinse von dem reciproken Werthe des gefundenen Abstandes.

Hiezu dient die Formel $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{L}$, wo R den Abstand des wirklichen Nahepunktes, R_1 den Abstand des mit Hülfe der Linse von der Brennweite L gefundenen Nahepunktes bedeutet. (Der Abstand des Convexglases vom Knotenpunkte des Auges wird der Einfachheit halber ausser Acht gelassen.) Fände sich z. B. mit dem Convexglase von 10 Zoll Brennweite der Nahepunkt in 6 Zoll, so läge der wahre Nahepunkt in 15 Zoll vor dem Auge, da $\frac{1}{6} - \frac{1}{10} = \frac{1}{15}$.

*) Eine noch feinere Schrift ist allerdings zuweilen wünschenswerth. Man kann sich dieselbe am leichtesten auf photographischem Wege herstellen lassen.

Fände sich mit + 6 der Nahepunkt in 8 Zoll, so läge der wahre Nahepunkt 24 Zoll hinter dem Auge, da $\frac{1}{8} - \frac{1}{6} = -\frac{1}{24}$.

Für die Praxis empfiehlt sich, wenn es nur auf eine ungefähre Bestimmung der Accommodationsgrenzen ankommt, oder zur vorläufigen Prüfung folgendes einfache Verfahren. Man hält vor das Auge ein Convexglas von 10 Zoll Brennweite, oder ein stärkeres, wenn das Auge stark hyperopisch ist, und ermittelt die grösste und geringste Entfernung, in welcher die feinste Schrift scharf gesehen wird. Aus dem gefundenen Nahe- und Fernpunkte berechnet sich dann der wirkliche Nahe- und Fernpunkt nach der eben angegebenen Formel. Ein emmetropisches Auge hat mit + 10 seinen Fernpunkt in 10 Zoll, mit + 6 in 6 Zoll, da ja ein Glas von n Zoll Brennweite parallelen Strahlen eine solche Richtung giebt, als kämen sie aus n Zoll Entfernung. Liegt der mit dem Glase gefundene Fernpunkt näher als die Brennweite des Glases, so besteht Myopie, liegt er ferner, so besteht Hyperopie. Bei stark kurzsichtigen Augen kann die Bestimmung direct, ohne Convexglas geschehen. Man vergesse aber nicht, dass bei allen diesen Bestimmungen der Fernpunktsabstand wegen der Convergenz der Sehlinien zu gering gefunden wird.

Die Forderung, bei Bestimmung des Nahepunktes immer die grösstmöglichste Convergenz einzuhalten, lässt sich schwer realisiren; doch ist eine strenge Befolgung dieser Vorschrift auch nicht nothwendig. Nur wenn der Nahepunkt erheblich abgerückt ist (mehr als 8 Zoll), muss man durch ein angemessenes Convexglas das Accommodationsbereich dem Auge annähern.

Unlängst haben v. Graefe und Burow die namentlich behufs Auswahl der Brillen erforderlichen Refractionsbestimmungen durch Construction optometrischer Apparate zu vereinfachen und abzukürzen gesucht.

v. Graefe hat ein Instrument zur Bestimmung des Fernpunktes angegeben — Refractionsmesser — welches mittelst zweier in einen ausziehbaren Tubus eingeschlossener Gläser eine ganze Brillensammlung ersetzt. Der Apparat „stellt so zu sagen eine wandelbare Brille dar, die, auf ihren Nullpunkt gestellt, keine dioptrische Wirkung hat, auf ihrer positiven und negativen Scala aber die Compensationslinsen für die verschiedenen Grade von Hyperopie und Myopie darstellt.“ Der Punkt des weitesten Ausziehens des Tubus, bei welchem noch scharf gesehen wird,

entspricht dem geringsten Brechzustande des zu prüfenden Auges, giebt also den Fernpunkt an.

Als Sehobject kann man in einer Entfernung von 20 Fuss ein vergrössertes Stäbchenoptometer, eine schachbrettähnliche Figur, einen rothvioletten Lichtpunkt, oder endlich am bequemsten die Snellen'schen Schriftproben benutzen. In letzterer Beziehung ist die Vergrösserung des Instruments zu berücksichtigen, zu welchem Zwecke an dem Instrument eine Vergrösserungstabelle angebracht ist.

Durch eine mit Schlitzen versehene Platte, welche mit dem Ocular zu verbinden ist, und Visiren nach einem fernen Strich, kann das Instrument auch zum Scheiner'schen Versuch verwerthet werden. Bei genauer Accommodation erscheint der Strich einfach, bei ungenauer Accommodation getheilt. Auch zur Bestimmung des Astigmatismus ist der Apparat brauchbar, indem ein drehbarer stenopäischer Schlitz die Brennweite des Auges in verschiedenen Meridianen zu bestimmen gestattet.

v. Graefe hat diesen Refractionsmesser auch zu binocularem Gebrauch modificirt. Zwei kurze Röhren, für jedes Auge eine, sind durch ein Gelenk beweglich mit einander verbunden, so dass sie dem verschiedenen Abstande beider Augen von einander angepasst werden können. Die Einrichtung ist sonst ähnlich, für Hyperopie und Myopie sind besondere Oculare und Scalen vorhanden.

Die Vortheile des Instruments liegen in rascher Erreichung des Resultates. Der Untersuchte kann, indem er selbst die Schraube des Tubus dreht, die Schärfe der Bilder unmittelbar vergleichen, er kann bei allmählichem Fortschreiten eine vollständigere Entspannung der Accommodation (selbst in gewissem Grade bei latenter Hyperopie) erreichen. Man hat eine bessere Controlle durch öfteren Wechsel der Einstellung, auch grössere Sicherheit gegenüber der unzuverlässigen Numerirung der zahlreichen Gläser des Brillenkastens, endlich auch mehr Schutz gegen absichtliche Täuschung. Der binoculare Refractionsmesser hat den Vortheil wegen paralleler Richtung der Sehaxen die möglichste Entspannung der Accommodation zu sichern, während Manche beim Hineinsehen in eine einzelne geschlossene Röhre ihr Auge für die Nähe einrichten und die Sehaxen convergiren lassen.

Das Burow'sche Optometer misst die grösste und geringste Entfernung, in welcher ein in dem Instrumente angebrachtes Sehobject scharf gesehen wird, dient also sowohl zur Bestimmung des Fernpunktes als des Nahepunktes. Von zwei in einander verschiebbaren Metallcylindern enthält der äussere eine achromatische Ocularlinse von etwa 4 Zoll Brennweite. Der

innere bewegliche Cylinder trägt an der der Linse zugekehrten Seite das zur Beobachtung bestimmte Object, eine photographische Druckschrift mit Buchstaben verschiedener Grösse; an der entgegengesetzten Seite ein mattes Glas, um zerstreutes Licht in das Instrument zu leiten. Der Betrag der Verschiebung des innern Cylinders wird an einer Scala abgelesen. Andere Scalen geben zugleich die Brennweite der Gläser an, welche für die gefundenen Verhältnisse den Fernpunkt auf ∞, resp. den Nahepunkt auf 15 Zoll und 10 Zoll verlegen (berechnet nach der Formel für die einer bestimmten Entfernung angepasste Brille: $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\varphi} - \frac{1}{\alpha}$, wo F die Brennweite der gesuchten Brille, a die beabsichtigte Brennweite des Auges mit der Brille, φ die Brennweite der Optometerlinse, α endlich die grösste Sehweite des Auges mit der Optometerlinse bedeutet).

Das Burow'sche Instrument, (welches übrigens auch zur Bestimmung des Astigmatismus eingerichtet werden kann) gewährt ähnliche Vortheile wie das v. Graefe'sche. Es hat vor diesem voraus, dass es sich auch bequem zur Bestimmung des Nahepunktes verwenden lässt, dagegen ist die Unveränderlichkeit des Sehobjects und die bloss monoculare Anwendung nicht ohne Bedenken.

Zweites Capitel.

Ueber Brillen.

Neueste Literatur. A. Burow, Ueber die Reihenfolge der Brillen-Brennweiten. Berlin 1864. Peters.

Donders Spectacles and their action in general. Chapter IV. des unten zu besprechenden Buches On the anomalies of accommodation cet.

A. Burow Welche Bedeutung haben die Nummern unserer Brillen? Deutsche Klinik 1865. No. 16.

§ 1. Sphärische Brillen.

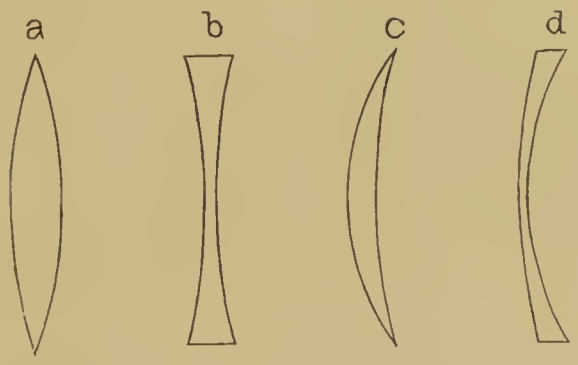
Unter den mannigfachen Gattungen von Brillen, welche bei Gebrechen der Refraction und Accommodation Anwendung finden, sind bei Weitem am wichtigsten die sphärischen Brillen. Nur diese sollen einer etwas eingehenderen Besprechung unterzogen, die übrigen Arten von Brillen nur kurz erwähnt werden.

Die sphärischen Linsengläser sind zu scheiden in positive oder convexe, und negative oder concave. Convexe Linsen sammeln die Lichtstrahlen, machen parallele Lichtstrahlen convergent;

concave Linsen zerstreuen die Lichtstrahlen, machen parallele Lichtstrahlen divergent.

Man unterscheidet unter den convexen Linsen biconvexe (Fig. 8 a.), planconvexe, concav-convexe (Fig. 8 c.) je nachdem sie zwei convexe, eine convexe und eine ebene, eine stärker

Fig. 8.



convexe und eine schwächer concave Fläche haben; unter den concaven Linsen sind zu unterscheiden biconcave (Fig. 8 b.), planconcave, und convex-concave (Fig. 8 d.), je nachdem sie zwei concave, eine concave und eine ebene, eine stärker concave und eine schwächer convexe Fläche haben.

Diese verschiedenen Arten von Linsen eignen sich nicht gleich gut zur Verwendung für Brillen, weil ihnen in verschiedenem Grade der Fehler der sphärischen Aberration zukommt. Planconvexe nnd planconcave Gläser eignen sich am wenigsten, da sie die grösste Aberration haben. Die concav-convexen und convexconcaven Gläser, die sogenannten positiven und negativen Menisken, haben den Vortheil geringster sphärischer Abweichung, so dass, wenn die concave Fläche dem Auge zugekehrt ist, auch bei schrägem Durchsehen und beim Benutzen der Randpartieen des Glases die Bilder weniger an Regelmässigkeit verlieren, als bei biconvexen und biconcaven Gläsern (cf. Fünftes Capitel). Da die Augen sich daher unbeschadet der Deutlichkeit des Sehens hinter solchen Gläsern freier bewegen können, sind dieselben von Wollaston zur Benutzung empfohlen und periskopische*) Brillen

*) Von περισκοπεῖν umhersehen.

genannt worden. Sie haben jedoch den Nachtheil, voluminöser und schwerer zu sein, und stärker zu spiegeln; auch sind sie etwas kostspieliger als die viel allgemeiner gebräuchlichen biconvexen und biconcaven Gläser.

Die chromatische Abweichung ist bei den schwächeren Brillengläsern so geringfügig, dass sie ganz ausser Betracht fällt; nur bei sehr starken Brillen z. B. Staarbrillen wird sie erheblich. Achromatische Gläser werden jedoch ihrer Dicke und Schwere wegen nicht zu einfachen Brillen benutzt.

Die gewöhnlichen Brillen bestehen aus Kronglas. Linsengläser aus Flintglas oder Bergkrystall sind zwar härter und deshalb nicht so leicht Beschädigungen durch Zerkratzen und Schrammen unterworfen, dafür aber haben sie den Nachtheil grösserer Farbenzerstreuung und sind daher, wenigstens für stärkere Brillen, nicht zu empfehlen.

Die Bezeichnung der Brillen geschieht nach ihrer Brechkraft oder direct nach ihrer Brennweite, die in Zollen ausgedrückt zu werden pflegt. Bei negativer Brennweite wird das Minuszeichen vorgesetzt. $\frac{1}{F}$ und $-\frac{1}{F}$ bezeichnet Linsen von F Zoll positiver resp. negativer Brennweite, indem die Brechkraft gleich dem reciproken Werthe der Brennweite ist.

Auf den käuflichen Brillengläsern pflegt eine Nummer eingravirt zu sein, welche die Brennweite in Zollen angiebt. Hiebei ist zunächst zu beachten, dass verschiedene Zollmaasse angewendet werden, indem gewöhnlich jede Brillenfabrik sich des landesüblichen Maasses bedient. Donders hat den alten Pariser Zoll als allgemeine Maasseinheit für die Brillenbezeichnung vorgeschlagen; doch ist die Aussicht auf allseitige Annahme dieses Vorschlages sehr gering. Wäre an eine Aenderung und allgemeine Vereinigung zu denken, so wäre vielmehr zu wünschen, dass das französische Metermaass in Anwendung käme.

Aber auch abgesehen von der Differenz der verschiedenen Maasseinheiten ist die Numerirung der käuflichen Brillengläser sehr wenig zuverlässig und will man sicher gehen, so muss man in jedem einzelnen Falle die Brennweite der Gläser controlliren. Auch Unterschiede in den Brechungscoefficienten verschiedener Glassorten sind häufig die Quelle von Ungenauigkeiten.

Burow hat auf folgenden Umstand aufmerksam gemacht. Für die Brennweite einer Linse gilt unter Vernachlässigung der Dicke des Glases die Formel $\frac{1}{F} = (n - 1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r_1}\right)$, wo F die Brennweite, r und r^1 die Krümmungsradien der Oberflächen, n den Brechungscoefficienten des Glases bedeutet. Wenn $n = 1.5$ angenommen wird, so wird für Gläser mit beiderseits gleich grosser Krümmung, da dann $r = r^1$ ist, $\frac{1}{F} = \frac{1}{r}$, also $F = r$ d. h. die Brennweite ist gleich dem Krümmungsradius. Aus diesem Grunde wird in manchen Brillen-Fabriken bei den gewöhnlichen biconvexen und biconcaven Linsen einfach die Länge des Krümmungshalbmessers in Zollen auf den Gläsern verzeichnet. Die wahre Brennweite würde dadurch aber nur dann gegeben sein, wenn der Brechungscoefficient des Glases gerade 1.5 betrüge. Diess ist nun wohl niemals der Fall. Der Brechungscoefficient des zur Brillenfabrikation verwendeten Glases ist durchgängig merklich höher, beträgt durchschnittlich etwa 1.53 bis 1.54, steigt selbst bis 1.56. Dann ist F nicht mehr $= r$, sondern $F = \frac{r}{1.06}$ bis $\frac{r}{1.08}$. Die Brennweite ist also kürzer, die Brille stärker als ihre Nummer angiebt, und in der That constatirt man dies sehr häufig bei der Prüfung der Gläser. Je kürzer die Brennweite, desto grösser fällt der Fehler aus. Einige Beispiele werden die Bedeutung des Fehlers darlegen.

No. 60	ist	bei	n	=	1.54	= 55.5
No. 30	—	—	—	—		= 27.7
No. 20	—	—	—	—		= 18.5
No. 10	—	—	—	—		= 9.2
No. 6	—	—	—	—		= 5.5
No. 4	—	—	—	—		= 3.7

Die im Handel vorkommenden Brillennummern, unter denen sich viele überflüssige, kaum je in Gebrauch kommende befinden, sind folgende: No. 80, 60, 50, 40, 36, 33, 30, 27, 24, 22, 20, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8½, 8, 7½, 7, 6½, 6, 5¾, 5½, 5¼, 5, 4¾, 4½, 4¼, 4, 3¾, 3½, 3¼, 3. Diese Reihenfolge ist eine ganz willkürliche und irrationelle. Zwischen je zwei auf einander folgenden Nummern finden sich sehr ungleiche Refractionsunterschiede. So beträgt z. B. die Differenz zwischen $\frac{1}{60}$ und $\frac{1}{50}$ nur $\frac{1}{300}$, zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{9}$ dagegen $\frac{1}{90}$, zwischen $\frac{1}{3\frac{1}{4}}$ und $\frac{1}{3}$ gar $\frac{1}{39}$; es kommen Differenzen vor, die um das Zehnfache verschieden sind. Um die hievon abhängigen Uebelstände zu vermeiden, hat Burow den Vorschlag gemacht, die Brillennummern etwa nach der Refractionsdifferenz von $\frac{1}{60}$ fortschreiten zu lassen. Dieser Vorschlag wäre noch weiterer Verbesserung

fähig, wenn an die Durchführung einer Aenderung zu denken wäre. Für die Zusammenstellung einer zu ärztlichem Gebrauch bestimmten Brillengläsersammlung ist Burow's Rath in der That der Berücksichtigung werth. Eine solche Reihenfolge mit annähernd gleicher Refractionsdifferenz ist folgende: 60, 30, 20, 15, 12, 10, $8^1/_2$, $7^1/_2$, $6^1/_2$, 6, $5^1/_2$, 5, $4^2/_3$, $4^1/_3$, 4, $3^3/_4$, $3^1/_2$, $3^1/_4$, 3.

Eine Sammlung von Brillengläsern von genau bekannter Brennweite, welche lose in ein Gestell eingefügt werden können, ist zur Prüfung der Refraction und der Sehfunctionen unentbehrlich, und lässt sich durch Optometer und Refractionsmesser nur unvollkommen ersetzen *). Die Gläser einer solchen Sammlung müssen aber sorgfältig auf ihre Brennweite geprüft werden. Ist man im Besitze geprüfter Gläser, so ist die ungefähre Bestimmung der Brennweite jedes beliebigen Brillenglases leicht ausführbar durch Vergleichung der Vergrösserung resp. Verkleinerung. Man bedient sich zu der Untersuchung am besten einer mässig grossen Druckschrift und hält die zu vergleichenden Gläser einige Zoll vor derselben. Bei einiger Uebung erhält man durch das Augenmaass hinreichend genaue Resultate.

§ 2. Einfluss der sphärischen Brillengläser auf das Sehen.

Sphärische Gläser, vor das Auge gehalten, verändern die Brechkraft des Auges und üben einen wesentlichen Einfluss auf verschiedene Verhältnisse des Sehens aus.

1) Die Region des deutlichen Sehens, das Accommodationsgebiet erfährt eine Dislocation. Nahepunkt und Fernpunkt erhalten eine andere Lage. Convexgläser nähern, Concavgläser entfernen das Accommodationsgebiet. Mit der Aenderung der Lage des Accommodationsgebiets ist nothwendig auch eine Aenderung in der absoluten Ausdehnung desselben verknüpft. Gläser, welche den Fernpunkt näher an ∞ bringen, vergrössern die Ausdehnung des Accommodationsgebiets, Gläser, welche den Fernpunkt von ∞ entfernen, verkleinern das Accommodationsgebiet. Die Brille, welche den Fernpunkt gerade auf ∞ bringt, gewährt den absolut grössten Accommodationsspielraum. Dieser Zustand ist demnach, wenn keine Contraindicationen vorliegen, der wünschenswertheste. Bei $M = \frac{1}{6}$ mit $\frac{1}{A} = \frac{1}{6}$ liegen die Accommodationsgrenzen in 3 und 6 Zoll, bei Anwendung einer

*) Empfehlenswerthe Sammlungen dieser Art erhält man z. B. bei den Optikern Paetz u. Flohr, Berlin, Unter den Linden 14. zum Preise von 25 Thalern (incl. prismatischer Gläser).

Brille $-\frac{1}{12}$ liegen sie in 4 und 12 Zoll, bei Anwendung von $-\frac{1}{6}$ in 6 Zoll und ∞. Im ersten Falle also umfasst das Accommodationsgebiet 3 Zoll, im zweiten 8 Zoll, im dritten ∞.

Die Lage der dislocirten Accommodationsgrenzen berechnet sich nach folgender Formel:

$$\frac{1}{P^0-x} = \frac{1}{P-x} + \frac{1}{F} \text{ und } \frac{1}{R^0-x} = \frac{1}{R-x} + \frac{1}{F}$$

wo F die Brennweite der Linse, x deren Abstand vom Knotenpunkt, P den wahren, P^0 den dislocirten Nahepunkt, R den wahren, R^0 den dislocirten Fernpunkt bedeutet. Für eine concave Linse wird F negativ. Lässt man x ausser Acht, was bei schwachen Gläsern zulässig ist, so vereinfachen sich die Formeln. $\frac{1}{P}\ o = \frac{1}{P} + \frac{1}{F}$ und $\frac{1}{R^0} = \frac{1}{R} + \frac{1}{F}$. Die letzteren sind auf obige Beispiele angewandt, die ersteren auf die unter 2) zu gebenden Beispiele.

2) Aber auch die Accommodationsbreite wird verändert. Durch Convexgläser wird sie verkleinert, durch Concavgläser vergrössert. Der Grund liegt in dem Abstande des Glases vom Auge. Der Betrag dieser Veränderung der Accommodationsbreite, bei schwächeren Brillen unbedeutend, fällt um so mehr ins Gewicht, je kürzer die Brennweite der Brille. Vergrösserungsgläser und Loupen vermindern daher die Accommodationsbreite sehr erheblich. Mikroskope und Fernröhre reduciren sie beinahe auf Null.

Es werde z. B. bei $M = \frac{1}{8}$ mit der Accommodationsbreite $\frac{1}{4}$ künstlich Emmetropie hergestellt. Dies geschieht durch ein Glas $-\frac{1}{7\frac{1}{2}}$, welches $\frac{1}{2}$ Zoll vom Knotenpunkt des Auges entfernt ist. Der Fernpunkt wird von 8 Zoll auf ∞ gebracht, der Nahepunkt von $2\frac{2}{3}$ Zoll auf 3. 54 Zoll, da $\frac{1}{P^0-x} = \frac{1}{2\frac{1}{6}} - \frac{1}{7\frac{1}{2}} = \frac{1}{3.04}$ also $P^0 = 3.04 + x$. Mit dem Concavglase beträgt daher die Accommodationsbreite $\frac{1}{A^0} = \frac{1}{P^0} - \frac{1}{R^0} = \frac{1}{3.54} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{3.54}$, während sie ohne Concavglas $= \frac{1}{4}$ war.

Bei $H = \frac{1}{8}$ wird der Fernpunkt durch ein Glas $\frac{1}{8\frac{1}{2}}$, das sich $\frac{1}{2}$ Zoll vor dem Knotenpunkt befindet, auf ∞ verlegt. Der Nahepunkt, welcher bei $A = \frac{1}{4\frac{4}{5}}$ in 12 Zoll Abstand liegt, wird durch das Glas auf 5. 38″ verlegt, da $\frac{1}{P^0-x} = \frac{1}{11\frac{1}{2}} + \frac{1}{8\frac{1}{2}} = \frac{1}{4.88}$ also $P^0 = 4.88 + x$. Das mit dem Convexglase $\frac{1}{8\frac{1}{2}}$ bewaffnete

Auge hat also eine Accommodationsbreite von $\frac{1}{5.38}$ statt der früheren von $\frac{1}{4.8}$.

Umgekehrt verhält es sich mit dem Einfluss der Brillen auf die binoculare Accommodationsbreite. Die Concavbrille des Kurzsichtigen bewirkt eine ansehnliche Verminderung derselben. In dem erwähnten Beispiele von $M = \frac{1}{8}$ beträgt zufolge experimenteller Ermittelung $\frac{1}{A_2}$ ohne Glas $\frac{1}{4\frac{1}{3}}$, mit dem Glase nur $\frac{1}{14}$. Die Convexbrille hingegen vergrössert die binoculare Accommodationsbreite des hyperopischen Auges, indem sie den nutzlosen Theil des Accommodationsgebiets, welcher sich auf convergirende Strahlen bezieht, in endliche Ferne verlegt.

3) Die Grösse der Netzhautbilder erleidet durch Brillen eine Aenderung. Durch positive Linsen wird sie vergrössert, durch negative verkleinert.

Bekanntlich wächst die Grösse des Netzhautbildes mit dem Abstande des Knotenpunktes von der Netzhaut. Der Knotenpunkt aber wird durch Hinzufügung einer Convexlinse zu den dioptrischen Medien des Auges nach vorne, durch eine Concavlinse nach hinten gerückt.

4) In Folge der Aenderung der Netzhautbildgrösse erfolgen auch Störungen in der Wahrnehmung der Richtung, Entfernung, Grösse und Form der Objecte, mit einem Wort in der Projection der Netzhautbilder nach aussen.

Die Nachaussenverlegung der gesehenen Bilder geschieht normaler Weise in der Richtung derjenigen geraden Linien, welche jeden Objectpunkt mit dem zugehörigen Bildpunkt verbindet. Alle diese Linien — Projectionslinien nenne ich sie — kreuzen sich in einem Punkte im Auge, — dem Kreuzungspunkte der Projectionslinien — der in gewissem Sinne mit dem Knotenpunkte des Auges zusammenfällt. Wenn nun in Folge der Hinzufügung einer sphärischen Linse zum dioptrischen Apparat des Auges die Netzhautbildgrösse geändert wird, und die Projection erfolgt durch den gewöhnlichen Kreuzungspunkt der Projectionslinien, so entstehen natürlich Wahrnehmungen, welche der Wirklichkeit nicht entsprechen. Die einzelnen Punkte erscheinen in andrer Richtung, der ganze Gegenstand erscheint in andrer Grösse. Soll die Wahrnehmung eine richtige sein, so muss der Kreuzungspunkt der Projectionslinien bei verkleinertem Netzhautbilde nach rückwärts, bei vergrössertem Netzhautbilde nach vorne rücken. Eine solche Ortsveränderung des Kreuzungspunktes der Projec-

tionslinien ist in der That möglich und auch erklärlich. Es ist ja kein ein für allemal fester Punkt, sondern ein Punkt, dessen Lage durch Uebung und Erfahrung aus der Relation zwischen den Netzhautbildern und den auf andere Weise, etwa durch das Tastgefühl bekannten Objecten kennen gelernt wird. Durch das Zusammenwirken beider Augen, und durch die fortwährend stattfindende gegenseitige Controlle des Tast- und Sehsinnes wird die Uebereinstimmung zwischen Wahrnehmung und Wirklichkeit erhalten und nöthigenfalls eine Modification in der Projection, eine Verschiebung des Kreuzungspunktes der Projectionslinien veranlasst. In der That hört die anfänglich sehr auffallende vergrössernde oder verkleinernde Wirkung der Brille bald auf und macht allmählich richtiger Ortswahrnehmung und Grössenschätzung Platz*), um so leichter und vollständiger, je regelmässiger und ununterbrochener die Brille getragen wird. Bei abwechselndem Tragen und Ablegen kann sich kein stabiler richtiger Zustand ausbilden, und die Ortswahrnehmungen behalten etwas Unsicheres.

Die durch Brillengläser bewirkte Aenderung der Sehrichtung macht sich durch Scheinbewegung geltend, wenn der Blick von einem Objecte auf ein anderes übergeht. Bei verkleinertem Netzhautbilde muss die Sehaxe um ein seitlich gelegenes Object zu erreichen, einen grösseren Winkel machen, als dem verkleinerten Netzhautbilde entsprechen würde, daher scheint das Object zu fliehen. Bei vergrössertem Netzhautbilde dagegen kommt das Object dem Blicke entgegen, weil die Drehung nicht so bedeutend zu sein braucht, wie das vergrösserte Netzhautbild es zu verlangen scheint. Am deutlichsten tritt die Scheinbewegung hervor, wenn man die Blickrichtung durch Bewegung des Kopfes wechselt, bei Bewegungen des Auges tritt wegen des schiefen Durchsehens durch das Glas eine neue Veränderung in der Sehrichtung ein, welche das Verhältniss verwickelter macht.

Auch die Wahrnehmung der Entfernung wird durch das Tragen von Brillen alterirt. Convexgläser lassen die Objecte in der Regel näher, Concavgläser ferner erscheinen; doch gilt dies nicht für alle Fälle, denn z. B. ein starkes Convexglas, als Loupe verwandt, lässt das Object in grösserem Abstande erscheinen. Bekanntlich hängt die Auffassung der Entfernung von gar vielen Umständen ab, und ist daher namentlich beim monocularen Sehen sehr variabel. Hier kommt vorzugsweise in Betracht die Abhängigkeit von vorgängiger Kenntniss der Grösse des Objectes, ferner die Abhängigkeit von dem Gefühl der Accommodations-

*) cf. Nagel das Sehen mit zwei Augen und die Lehre von den identischen Netzhautstellen. Leipzig und Heidelberg 1861. pag. 117.

spannung, welches natürlich durch die Brille modificirt werden muss. Diese beiden Momente wirken sich aber in der Regel entgegen. Convexgläser entspannen die Accommodation, müssten also die Objecte ferner erscheinen lassen, Concavgläser spannen die Accommodation stärker an, müssten also die Objecte näher erscheinen lassen. Dass aber gerade das Gegentheil geschieht, ist wohl dadurch zu erklären, dass im erstern Falle der Verlegung in grössere Ferne also noch stärkerer Vergrösserung entgegengewirkt wird durch die bereits erworbene Kenntniss der Grösse. Um das Object weniger vergrössert zu sehen, wird es in grössere Nähe projicirt. Bei verkleinerten Netzhautbildern findet das Umgekehrte statt.

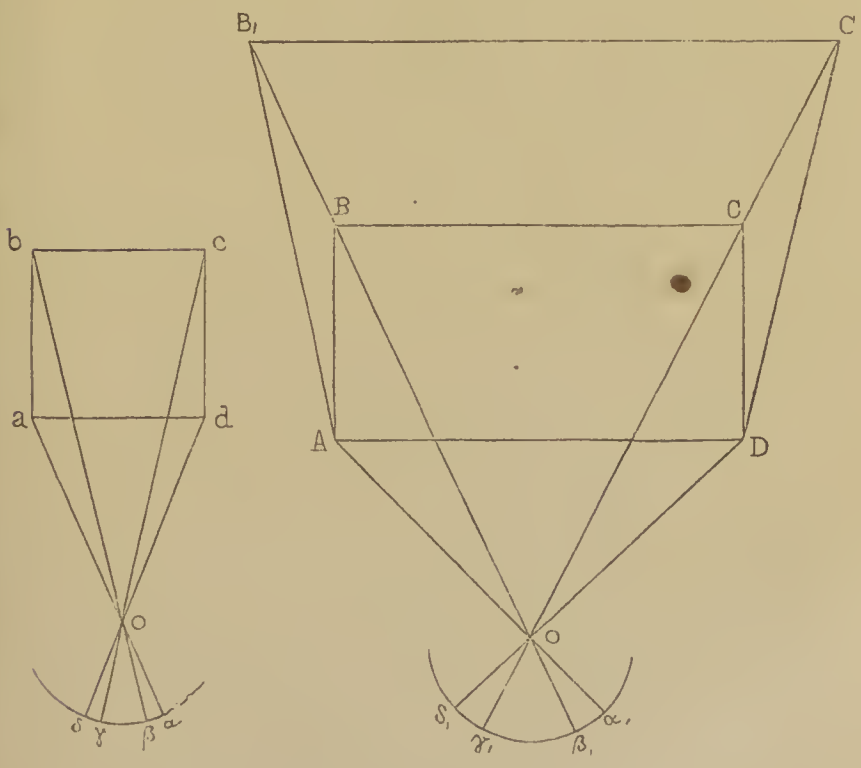
Die Veränderung der Netzhautbildgrösse bringt Störungen in der Wahrnehmung der körperlichen Dimensionen und überhaupt in der Wahrnehmung der Gestalt der Objecte mit sich. Bei gleichgestalteten (im geometrischen Sinne ähnlichen) Netzhautbildern von verschiedener Grösse müssen die Formen und relativen Abmessungen der Sehobjecte verschieden erscheinen. Beim Sehen durch vergrössernde Brillen, Loupen, Mikroskope, Fernröhre erscheint das Relief der vorderen Parthieen der Sehobjecte relativ vermindert, das Relief der entlegenern Parthieen vermehrt. Den entgegengesetzten Effect haben verkleinernde Brillen und andere optische Instrumente. Dies gilt sowohl für das monoculare als für das binoculare Sehen. Es ist das eine geometrische Nothwendigkeit, von der man sich durch einfache Constructionen leicht überzeugen kann.

Zunächst sei hier ein sehr instructiver Versuch angeführt, welcher die Thatsache feststellt. Man betrachte aufrecht stehend ein in einiger Entfernung auf einem Tische liegendes Buch, erst mit blossem Auge, dann mit dem Fernrohr, z. B. einem einfachen oder doppelten Theaterperspectiv. Das Buch erscheint mit dem Fernrohr gesehen vergrössert, genähert, an der entfernteren Kante breiter als an der näheren. Dreht man das Perspectiv um, so tritt das Umgekehrte ein, das Buch erscheint verkleinert, die entferntere Kante schmäler, die nähere breiter. Obgleich in allen drei Fällen das Netzhautbild die gleiche Form hat, zeigt doch das Object auffallend verschiedene Formen. Ebenso zeigt das Perspectiv auf grössere Entfernung z. B. im Theater gebraucht, das Relief der fixirten Gegenstände vermindert, z. B. menschliche Gesichter abgeflacht und platter als sie sind. — Dieselben Unterschiede treten in schwächerem Maasse beim Gebrauch von Brillengläsern auf. Die Erklärung liegt in folgender Construction.

Man zeichne durch Ziehung der Projectionslinien das Netzhautbild eines beliebigen einfachen körperlichen Objects und

fertige sodann eine zweite Zeichnung für den Fall, dass das nämliche Object bei sonst gleichen Bedingungen und in sämmtlichen Dimensionen gleichmässig vergrössert oder verkleinert ist. Die Vergleichung ergiebt, dass in beiden Fällen die Netzhautbilder verschieden ausfallen, die Verhältnisse zwischen den einzelnen Theilen stimmen keineswegs überein. Die Gesichtswinkel unter denen z. B. die Ecken eines in der Visirebene gelegenen Quadrats erscheinen, sind ganz verschieden je nach der Grösse des Quadrats bei übrigens gleicher Lage zum Auge. — Wenn man umgekehrt aus vergrösserten oder verkleinerten Netzhautbildern die vergrösserten, resp. verkleinerten Objecte construirt, so bemerkt man, dass die Construction ein ganz anderes Resultat ergiebt, als einen bloss vergrösserten oder verkleinerten körperlichen Gegenstand. Das Ergebniss variirt zwar je nach den verschiedenen Umständen, aber niemals kann das in seinen Dimensionen veränderte Object dieselbe Form haben wie das Ausgangsobject. Ein Beispiel wird dies erläutern.

Fig. 9. Fig. 10.

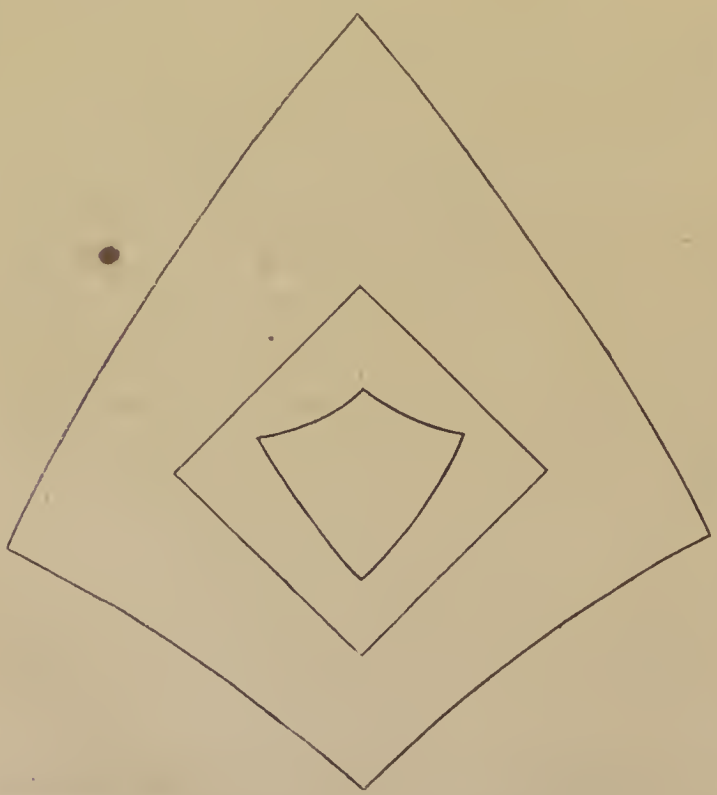


Das Quadrat a b c d sei der horizontale, der Visirebene angehörige Durchschnitt eines vor dem Auge befindlichen Objects,

etwa eines Würfels. $\alpha\beta\gamma\delta$ sei das Netzhautbild dieses durchsichtig gedachten Querschnittes. In der nebenstehenden Figur soll das Netzhautbild von gleicher Gestalt, aber vergrössert sein, so dass $\alpha\beta : \beta\gamma : \gamma\delta = \alpha_1\beta_1 : \beta_1\gamma_1 : \gamma_1\delta_1$. Es sei $a_1 d_1$ die vergrössert gesehene Vorderkante des Würfelquerschnittes. In der Verlängerung der Projectionslinien $O\beta_1$ und $O\gamma_1$ müssen die Bilder der Endpunkte der Hinterkante liegen. Ein Blick auf die Figur lehrt ohne weitläufige Auseinandersetzung, dass der Querschnitt nicht mehr als ein Quadrat erscheinen kann. Entweder die Winkel bleiben rechte, und dann erscheint $a_1 b_1 c_1 d_1$ als ein queres Oblong, oder die Winkel verändern ihre Grösse wie in $a_1 B C d_1$. In der Projection besteht bei monocularem Sehen eine gewisse Willkür; die letztere Projectionsweise ist die gewöhnliche, aber unter allen Umständen erscheint die Configuration des Querschnittes verändert.

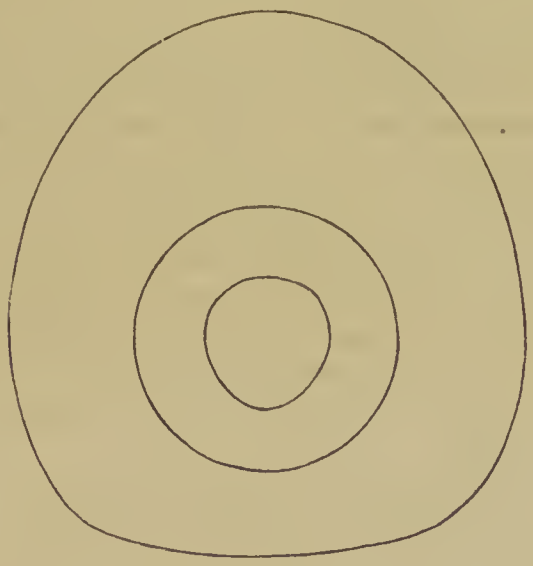
Beim Binocularsehen fällt die Unbestimmtheit fort durch die Schneidung je zweier zusammengehöriger Projectionslinien. Die nachfolgenden Zeichnungen stellen die durch geometrische

Fig. 11.



Construction ermittelte Gestaltung einfacher körperlicher Objecte dar bei vergrösserten und verkleinerten Netzhautbildern. Die Figuren repräsentiren jede den der Visirebene angehörigen Durchschnitt eines Körpers, Fig. 11 den Durchschnitt einer quadratischen, Fig. 12 den einer cylinderförmigen Säule. Der mittlere Contour

Fig. 12.



in jeder Figur ist der wirkliche Querschnitt, der äussere ist der vergrössert, der innere der verkleinert gesehene Querschnitt, und zwar jedesmal bezogen auf ein um das Doppelte vergrössertes resp. verkleinertes Netzhautbild. Der Mittelpunkt der Figuren ist als Fixationspunkt angenommen worden, ist daher für die drei Ansichten derselbe. Die Aenderung desselben würde wesentliche Aenderungen in dem Aussehen bedingen.

Die Betrachtung obiger Figuren und ähnlicher lehrt, dass die meisten geraden Linien und ebenen Flächen in Folge der Vergrösserung oder Verkleinerung der Netzhautbilder mehr oder weniger gekrümmt erscheinen müssen, dass ferner bei vergrösserten Netzhautbildern die Dimensionen im vorderen, dem Auge zugekehrten Theile des Objects relativ vermindert, im hinteren Theile dagegen vermehrt erscheinen, das Relief also vorne abgeflacht, hinten, soweit man es wahrnehmen kann, übertrieben erscheinen muss, während es sich bei verkleinerten Netzhautbildern gerade umgekehrt verhält.

Dass diese Figuren die wirklichen Formveränderungen der Objecte richtig wiedergeben, davon kann man sich auf folgende

Weise überzeugen. Man lege vor sich ein Quadrat resp. einen Kreis so auf einen Tisch, dass man etwa im Winkel von 45° auf dieselben herabsieht, und bewaffne beide Augen abwechselnd mit starken Convex- und Concavgläsern (z. B. + 3 und — 3). Man braucht keine scharfen Bilder zu bekommen und wird dennoch leicht die den obigen Zeichnungen entsprechenden Verziehungen, freilich in viel geringerem Grade, wiedererkennen. Auch kann man sich von der Verschiedenheit der Bilder bei monocularem und binocularem Sehen überzeugen.

Ueber den Grund obigen geometrischen Verhältnisses ist kaum nöthig, etwas hinzuzufügen. Er ist klar genug. Vergrösserte Netzhautbilder würden nur dann zu bloss vergrösserter Construction der Wahrnehmungen führen, wenn alle übrigen Elemente der Construction eine entsprechende Aenderung erleiden könnten, wenn also der Kreuzungspunkt der Projectionslinien proportional der Vergrösserung abgerückt würde, wenn der Krümmungsradius der Netzhaut proportional wüchse, wenn endlich bei binocularem Sehen die Distanz beider Augen in entsprechendem Maasse zunähme *). Dann erst würde die Construction aus dem ursprünglichen und dem vergrösserten Netzhautbilde geometrisch ähnliche Körper ergeben.

§ 3. Application sphärischer Brillen.

Die sphärischen Gläser werden in verschiedenen Fassungen und Gestellen vor das Auge gebracht, als Lorgnetten und als Brillen, für ein Auge oder für beide Augen benutzt. Einäugige Lorgnetten sind im Allgemeinen verwerflich, höchstens zu vorübergehendem Gebrauch zulässig. Wo es möglich ist, sollen stets beide Augen gemeinsam thätig sein.

Von grosser Wichtigkeit ist die richtige Stellung der Gläser vor dem Auge, daher auch eine angemessene, solide Construction der Fassungen, insbesondere für die zu dauerndem Gebrauch bestimmten Brillen ein dringendes Bedürfniss ist. Einige Bemerkungen über diesen Punkt dürfen deshalb nicht übergangen werden.

Das mit Hülfe eines Brillenglases erzeugte Netzhautbild wird am vollkommensten sein, wenn die Gesichtslinie mit der Axe des Glases zusammenfällt. Für eine bestimmte Stellung ist dies zwar leicht zu erreichen, aber nicht für den freien Gebrauch des sich

*) Ueber den letzteren Punkt cf. mein Buch über das Sehen mit zwei Augen pag. 69 seqq. (Fig. 19 und 20.)

bewegenden Auges. Da die Gläser die Bewegungen der Augen nicht mitmachen, so müssen fast jeden Augenblick Abweichungen von jener Normalstellung hervortreten, und jede Abweichung hat Störungen in der richtigen Wahrnehmung zur Folge.

Wenn die Gesichtslinie und die Axe des Glases nicht zusammenfallen, aber parallel sind, wird wegen der prismatischen Wirkung der Randtheile des Glases der Fixirpunkt in falscher Richtung gesehen, es erfolgt eine scheinbare Verschiebung des Sehobjects (cf. unten über prismatische Brillen). Die prismatische Wirkung wächst mit der Stärke (Brechkraft) der sphärischen Brille. Bei Convexgläsern erscheint das Object in umgekehrter Richtung, bei Concavgläsern in gleicher Richtung verschoben, wie das Centrum des Glases gegen die Sehlinie. Wenn also in einer Brille die beiden Convexgläser zu nahe an einander stehen, so erscheinen die Objecte jedem Auge etwas nach auswärts verschoben, und um sie binocular zu fixiren, müssen die Augen in geringerer Convergenz stehen. Vermehrte Convergenz ist erforderlich, wenn die Convexgläser zu weit von einander abstehen. Das Gegentheil findet bei Concavgläsern statt. Befinden diese sich in der Brillenfassung zu nahe an einander, so wird zu binocularer Fixation vermehrte Convergenz, stehen sie zu weit von einander ab, so wird verminderte Convergenz erfordert.

Dieser Umstand kann therapeutisch verwerthet werden, indem man excentrisch gestellte sphärische Gläser, anstatt schwacher Prismen verordnet, wo man bei Kurzsichtigen oder Uebersichtigen, die ohnehin einer Brille bedürfen, zugleich auf die Stellung der Augen einzuwirken beabsichtigt.

Besteht zwischen Gesichtslinie und Axe des Glases ein Unterschied in Bezug auf die Höhe, so erscheinen die Objecte höher oder tiefer, und wenn die Schrichtung für beide Augen verschieden ist, kann leicht Diplopie mit übereinander stehenden Doppelbildern eintreten, da eine Ausgleichung durch die Augenstellung in diesem Falle sehr schwer oder gar nicht erfolgen kann. Ein solcher Fehler in der Stellung der Gläser ist daher sorgfältig zu vermeiden, ebenso auch eine Stellung der Gläser, welche behufs des Einfachsehens wirkliche Divergenz der Sehlinien nöthig machen würde.

Wenn die Gesichtslinie mit der Axe des Glases

einen Winkel bildet, so erscheinen die Objecte nicht nur in etwas veränderter Richtung (der prismatischen Wirkung halber), sondern auch mit verminderter Deutlichkeit. Die Strahlen nämlich, welche, von einem Punkt ausgehend, in merklich schiefer Richtung durch das Glas hindurchtreten, vereinigen sich nicht wieder genau in einem Punkte. Das Strahlenbündel hört auf homocentrisch zu sein, das Auge wird künstlich astigmatisch gemacht, die Netzhautbilder büssen etwas von ihrer Schärfe ein. Das schiefe Hindurchsehen durch ein sphärisches Glas kann, wie später erläutert werden wird, zuweilen therapeutisch benutzt werden, um etwa vorhandenen erheblicheren regelmässigen Astigmatismus zu corrigiren. Die Nachtheile, welche bei gewöhnlichem Brillengebrauch bei allen Bewegungen des Auges hervortreten, sind übrigens nicht von sehr grossem Belange. Durch die Meniskenform (cf. periskopische Brillen pag. 29) werden sie, namentlich bei Convexbrillen, noch verringert.

Aus dem Gesagten geht hervor, wie nothwendig es ist, auf eine richtige Form und Stellung der Brillenfassung zu achten. Es ist stets nothwendig, die individuelle Gesichtsbildung zu berücksichtigen; namentlich hat man bei der Wahl der Brille auf den Abstand der Bulbi von einander, und auf die Gestalt des Nasenrückens zu achten. Von der Länge und Gestalt des zwischen beiden Gläsern befindlichen Nasenbügels hängt vornehmlich die geeignete Application des Brillengestells ab.

Die Brillenfassungen werden aber auch eine verschiedene Form erhalten müssen, je nachdem die Gläser bloss zum Fernsehen, oder bloss zum Nahesehen, oder abwechselnd zu Beidem bestimmt sind. Im ersten Falle sind die Axen der Gläser parallel zu richten, im zweiten Falle haben sie einen, dem Convergenzgrade entsprechenden Winkel zu bilden. Bei Brillen, welche sowohl für die Nähe als für die Ferne gebraucht werden sollen, pflegt man den Gläsern eine mittlere, etwas geneigte Stellung zu geben. Immer aber muss man bedacht sein, die Gläser dem Auge so nahe als möglich zu bringen. Die Wimpern freilich dürfen das Glas nicht streifen, und daraus erwächst für Manche eine schwer zu umgehende Schwierigkeit.

Es giebt Fälle (von aufgehobener oder stark beschränkter

Accommodation), wo es erforderlich ist, Gläser von verschiedener Brechkraft, ein convexes und ein concaves, oder zwei convexe oder zwei concave von ungleicher Stärke für das nämliche Auge abwechselnd zu verwenden, das eine für nahe, das andere für ferne Objecte. Anstatt nun zwei verschiedene Brillen zu benutzen und nach Bedürfniss zu wechseln, erreicht man den Zweck auf einfache und bequeme Weise dadurch, dass man beide Gläser in eine Fassung vereinigt, indem man sie in zwei Hälften theilt und die Hälfte des einen mit der Hälfte des andern Glases in denselben Rahmen befestigt. Das für die Ferne bestimmte Glas bildet die obere, das für die Nähe bestimmte Glas die untere Hälfte. Diese Brillen werden nach ihrem Erfinder Franklin'sche Brillen genannt. In neuester Zeit vereinigt man auch beide Brennweiten in der Weise, dass zwei verschiedene Schleifungen an einem Glase ausgeführt werden, so dass die beiden Hälften des Glases verschiedene Brechkraft besitzen. Solche verres à double foyer werden namentlich in Paris gefertigt.

§ 4. Prismatische, cylindrische, gefärbte, stenopäische Brillen.

Prismatische Brillen wurden zuerst von Krecke und Donders bei Abweichung einer Sehaxe angewandt, dann namentlich durch v. Graefe ihr Gebrauch verallgemeinert und die Indicationen dafür genauer festgestellt. Nicht nur bei Leiden der Augenmuskeln, auch bei manchen Refractionsabweichungen sind sie von Wichtigkeit.

Ein prismatisches Glas lenkt bekanntlich die hindurchtretenden Lichtstrahlen in einer Richtung ab, welche durch die Grösse und Lage des brechenden Winkels bestimmt wird. Es verändert die Sehrichtung derartig, dass das Object nach der Seite des brechenden Winkels verschoben erscheint. Das Auge muss, um durch ein Prisma hindurch einen Punkt zu fixiren, die Sehlinie so richten, dass sie von der wahren Richtung etwas nach der Seite des brechenden Winkels abweicht. Ist z. B. der brechende Winkel nach aussen gerichtet, so muss behufs der Fixation die Sehlinie nach aussen abweichen. Der brechende Winkel des Prismas und der Brechungscoëfficient des Glases bestimmen die Grösse der Ablenkung.

Das Minimum der Ablenkung findet statt, wenn der einfallende

Conjunctivitis diphtheritica, *Diphtheritis oculi*,

faserstoffige Exsudation auf und in der Bindehaut. Diese Form, sehr selten rein, ist von *v. Gräfe jun.* zuerst in allen Eigenthümlichkeiten genau beobachtet und beschrieben, weshalb ich seinem Bericht über dieselbe hier wesentlich folge.

Gallertige Faserstoffmembranen bedecken Schleimhäute mit florider Blennorrhoe, wenn man das Lid einige Minuten der Luft durch Ectropionirung aussetzt. Sie sind dichter, elastischer und liegen fester auf, als die losen, an sich lockeren Schleimschichte und bestehen nicht wie Schleimeiter aus Convoluten junger Zellen, sondern aus amorpher, körniger Masse, die erst allmählich reinem Schleimeiter Platz macht. Bei Blennorrhoe ist die Schleimhaut selbst locker, succulent und mit flüssigem Exsudate durchtränkt, bei Diphtheritis resistent steif, mit starrem Exsudate durchsetzt, das Lid deshalb prall und unbeweglich. Bei jener ist sie sehr blutreich und die Circulation insofern frei, als wenigstens in der Mehrzahl der Gefässe ungeronnenes Blut sich vorfindet, bei dieser ist sie arm an circulirendem Blute. Jene producirt ziemlich homogenen Eiter von strohgelber Farbe, bei dieser zeigt das Secret eine dünnflüssige, schmutzig-grauliche, halbdurchscheinende Grundlage, in der gelbliche Fetzen umherschwimmen; es geräth schneller in Gährung und corrodirt deshalb eher. Die Wärme ist bei Diphtheritis subjectiv und objectiv auffallend höher, der Schmerz stärker, die Geschwulst beträchtlicher, die Röthe indess geringer, als bei Blennorrhoe.

Der Verlauf ist, dass unter Wärme, Thränen und Schmerz das Oberlid schwillt, die Falten verstreichen, glänzende Röthe des unbeweglichen Lides, weitmaschige Chemosis und Steifheit des Oberlides sich einstellt. Dabei ist die Conjunctiva glatt und wenig geröthet, mehr gelblich und zwar zufolge eines dichten Faserstoffexsudates, welches die Conjunctiva durchsetzt, die Circulation derselben beinahe vollständig aufhebt und mit der Zerstörung der Membran und des ganzen Auges droht. Dies Exsudat ist nicht abzuziehen, da es in dem Schleimhautparenchym sitzt, das gefässarm und von kleinen apoplectischen Heerden punctirt ist. Auch die Meibom'schen Drüsen werden vermisst. Das grauliche Secret besteht aus reichlichen Thränen mit Epithelialdetritus, zersetztem Blutfarbstoff und gelblichen Faserstoffcoagulis. — Allmählich ändert sich der Zustand in einen entgegengesetzten, die Steifheit hört auf, die Conjunctivitis erhält ein schwammiges Ansehen, die diphtherit. Membran stösst sich bis auf einzelne inselförmige, weisse Plaques ab, die blossgelegten Gefässe bluten leicht und viel. Statt der s. g. Granulationen entstehen einzelne, grössere Knöpfe auf resistenter Basis, die spät erweichen und mit der gleichzeitigen Entstehung einer weichwulstigen Chemosis den Beginn des zweiten Stadiums bezeichnen, des blennorrhoischen, das sich nur durch seinen baldigen Uebergang in das dritte Stadium, das der Schrumpfung, von chron. Blennorrhoe unterscheiden lässt. — Die Dauer des ersten Stadiums ist oft kurz, so dass sie leicht übersehen wird, kann aber bis 10 Tage dauern, was eben von der mehr oder weniger reichlichen Faserstoffdurchsetzung der Schleimhaut abhängig ist. Das zweite Stadium kann als heftige Blennorrhoe oder als nur mässige Succulenz der Scheimhaut auftreten, das dritte Stadium bei tiefer und massenhafter Durchsetzung bis zur Verkümmerung der Conjunctiva führen, nachdem „täglich mehrere Male Faserstoffschwarten von $^3/_4$‴ Dicke zusammenhängend aus dem ganzen Bereich der Conjunctiva hinweggezogen worden waren, so dass sie einen treuen Abdruck der Membran, in der Mitte mit

einem runden Hornhautfenster, lieferten.“ — Die Gefahr entsteht durch die concomitirende Cornealaffection, die als leichte exsudative Trübung beginnt, sehr bald zu Epithelialzerstörung und tieferem Substanzverluste führt, der deshalb leicht übersehen wird, weil der Geschwürsgrund sich stetig in das Hornhautniveau zu heben pflegt. Perforationen schliessen sich bei der hohen Plasticität des abgesetzten Exsudates meist schnell wieder.

Ursache und Wesen betreffend gilt, dass die Conjunctivitis diphtherit. sowohl contagiös, als stets Allgemeinkrankheit ist, letzteres im Gegensatz zur Blennorrhoe, die stets örtlich verläuft. Sie erscheint fast nur an durch Krankheit prädisponirten Individuen (Croup, Pneumonie, Hydrocephalus, Syphil. congen. etc.) und unter Fieber, Hitze, Appetitlosigkeit u. d. m. — Dabei tritt sie epidemisch auf, besonders im Frühjahr und Herbst, gesellt sich auch gern zu anderen Epidemien (Diphth. der Respirationsorgane, Puerperalkrankheiten etc.) und ist bei Neonatis wegen der ungeeigneten Blutmischung seltener, häufig von $2^1/_2$—4 Jahre, später wieder seltener. — Die Contagiosität ist auf der Höhe im diphtheritischen Stadium, wo sie bei einiger Prädisposition nach Inoculation sich wieder erzeugt, während später Mischformen oder nur genuine Blennorrhoe erfolgen, indem das specifische Contagium, wie auch sonst, nur als einfacher Reiz sich verhält.

Die Prognose ist gegen andere Ophthalmien eine auffallend üble, zumal bei der Schwerzugänglichkeit der Conjunctiva, dem oft rapiden Verlaufe des deletärsten ersten Stadiums und in um so höherem Grade, je massenhafter die Einlagerung in's Parenchym gewesen war. Blosse Auflagerung ist unerheblicher. Je steifer das Lid, je gelber, glatter, trockner die Oberfläche der Conjunctiva ist, je plötzlicher und zahlreicher die Ecchymosen, als Gradmesser der Stagnation, auftreten, je rapider der Verlauf im ersten Stadium, um so übler ist die Prognose. Tritt Succulenz bald ein, so schwindet die Einlagerung eher; dasselbe gilt von dem Trockenwerden der Chemosis. Für die Cornea ist um so grössere Gefahr, je früher dieselbe afficirt war, also im ersten Stadium. Im zweiten und zumal im dritten ist sie unbedeutend. Im Beginn von Epidemien und nach Uebertragung entstanden, pflegt der Verlauf ungünstiger zu sein.

Caustische Behandlung ist bei Blennorrhoe unzweifelhaft die beste, richtig angewendet von den glücklichsten Erfolgen und keineswegs gefährlich, wie noch vielfach behauptet wird. Sie kann es nur durch zweckwidrige Anwendungsart, ohne Beachtung methodischer Wiederholung und bei diagnotischen Irrthümern werden. Das Causticum muss in einer dem Grade der Injection und Schwellung proportionalen Energie applicirt werden, um nicht bloss Reizung, sondern Remission der inflammatorischen Symptome zu bewirken, also lapis cum nitro in Substanz (1:1 oder 1:2, 3) oder gr. 10 in unc. 1 aq. dest. Das Auge wird hernach mit Wasser ausgewaschen. Nach der Aetzung mit lapis wird zuerst mit dünner Salzlösung ausgespült, um Lapisreste als weisse, käsige Flocken, aus Chlorsilber bestehend, entfernen zu können, dann mit Wasser. Bei der Aetzung sorge man, nach dem Grade der Affection intensiver oder schwächer einzuwirken und die Uebergangsfalten nicht zu vernachlässigen. Um die durch Blut intumescirte Schleimhaut zu senken, entleere man das Blut bald nach der Aetzung durch leichte Scarificationen, durch die auch der Schmerz gemässigt wird. Oedematöse Chemosis excidire man nicht, sondern incidire sie radial, um nachtheiliger Narbenwirkung vorzubeugen. Kalte Ueberschläge sind unentbehrlich,

um die Reaction herabzusetzen, dürfen aber nicht zu lange angewendet werden, weil sie dann den Entzündungszustand verschleppen. „Wenn die der Aetzung folgende Reaction gesunken, bei Besichtigung der Schleimhaut die letzten Eschara oder das mit derselben gleichbedeutende Exsudat abgestossen, das weissliche, der Aetzung folgende Secret auf ein Minimum reducirt und möglichster Collapsus eingetreten, aber noch kein Vorbote blennorrhoischer Recrudescenz (dünnes Secret, erneuetes Unvermögen, die Lider zu öffnen, mehr Geschwulst und Wärme) vorhanden ist, — dann darf die Aetzung wiederholt werden.“ Meist täglich einmal, selten zweimal, auch wohl nur jeden zweiten oder dritten Tag.

Consecutive Hornhautaffection, selbst Perforation verbieten das Causticum nicht; es ist um so dringender vielmehr erforderlich, muss aber auch mit um so grösserer Vorsicht und mit recht vollständiger Neutralisation angewendet werden. Um den Spannungsgrad bei drohender Perforation zu verringern, erweist sich die Instillation einer Atropinsolution dienlich, weil auch auf die Augenmuskeln, nicht bloss auf die Iris, gewirkt wird. Ebenso kann die Paracentese ein oder mehrere Male zur Druckverringerung ausgeführt werden.

Im Gegensatz zur Blennorhoe verbietet genuine Diphtheritis das Causticum durchaus, weil es bei derselben nicht bloss keine Remission und rasche Entleerung seröser Flüssigkeit bewirkt, sondern zur Congestion von Blut führt, das alsbald an der diphtheritischen Stase participirt, d. h. im Parenchym selbst und als membranöse Faserstoffauflagerung sich absetzt. Hier sind Kälte und besonders tiefgehende Scarificationen am Platze, auf die man, um möglichst viel Blut zu entleeeren und den Wiedereintritt stärkerer Circulation zu befördern, laue Schwämmchen mit gelinde reibendem Drucke applicirt. Zu dem Causticum greife man nur bei Mischformen, oder wo das zweite Stadium, also das blennorrhoische, bereits sich einstellt; sonst verschiebe man dessen Anwendung, zumal vom 2. bis 4. Lebensjahre. Neugeborene ertragen das Causticum besser, weil ihr Blut zu Faserstoffausschwitzungen weniger geeignet ist. — Ist die Einlagerung derartig massenhaft, dass Incisionen zur Blutentleerung nicht hinreichen und nur die locale Entzündung steigern würden, so muss durch nach einander applicirte Blutegel eine continuirliche Blutströmung unterhalten werden. Die kalten Aufschläge sind besonders bei floridem Verlaufe sehr häufig zu erneuen, die Reinigung, am besten mit lauwarmer Milch, möglichst oft zu wiederholen.

Die Allgemeinbehandlung ist gegen das Grundübel zu richten, ausserdem Calomel, zweistündlich 1 gr., Kindern $^1/_8$—$^1/_4$ gr. Tag und Nacht oder Einreibung grauer Salbe, um die Schmelzung des faserstoffigen Exsudates und den Uebergang in das zweite Stadium zu befördern. — Dazu angemessene Diät und bei Integrität des einen Auges hermetischer Schutzverband desselben durch leichte Charpiepolster, die mit Bleiweisspflaster und Collodium gegen die Luft abgeschlossen werden.

Anhangsweise möge hier die folgende anschauliche Uebersicht der Differentialdiagnose zwischen Ophthalmia diphth. und blennorrhoica Platz finden, welche der Hauptsache nach auf *v. Gräfe*'s Arbeit gestützt sich in *Mackenzie's* Lehrbuch, bearbeitet von *Warlomont* und *Testelin*, befindet. (*Par.* 1856, 57. *Masson*, T. I. p. 783; *cfr. Annal. d'Ocul.* 36, p. 228, *Schmidts* Jahrb. Bd. 96. N. 10. pag. 72. *Geissler.*)

Ophthalm. diphth.	*Ophthalm. blennorrh.*
1) Der Bindehaut sitzt eine dicke falsche Membran auf, so fest, dass sie	1) Pseudomembranen nur zuweilen, die aber nur aus granulirtem Schleime

sich nur schwer ablösen lässt und eine starke Tendenz zeigt sich aufzurollen.

2) Unter dem Mikroskope zeigt sich eine mehr oder weniger granulirte Masse, hier und da unregelmässig gestreift, auf der Oberfläche und an den Gränzen Zellen von der verschiedensten Grösse.

3) Das Gewebe der Schleimhaut selbst ist hart, resistent, von einem festen Exsudate durchsetzt.

4) Das Augenlid gespannt, unbeweglich, bei der Oeffnung hat der Kranke die heftigsten Schmerzen, so dass Chloroform angewendet werden muss.

5) Die Oberfläche der Schleimhaut sieht aus wie eine einfache Membran, in der die Circulation unterbrochen ist.

6) Im Beginne der Affection erscheinen eine Menge erweiterter Gefässe und um sie herum kleine Blutextravasate in beträchtlicher Zahl, die der Schleimhaut ein gefleckte Ansehen geben, aber nie so ausgebreitet werden und sich nicht vereinigen wie die Ecchymosen der Bindehaut.

7) Die Schleimhaut wenig gefässreich, die Circulation des Blutes gehemmt.

8) Das Secret besteht in einer zähen, schmutzig grauen, halbdurchsichtigen Flüssigkeit, in welcher gelbe Flecken schwimmen. Die Flüssigkeit geht sehr schnell in Zersetzung über.

9) Die Temperatur des Theiles ist sehr erhöht.

10) Der Schmerz sehr lebhaft, die Schleimhaut bei der leisesten Berührung sehr empfindlich.

11) Beträchtliche Schwellung des Gewebes der Bindehaut selbst, leicht durch einen Einschnitt zu constatiren.

12) Das obere Augenlid hart und rigide durch die Anschwellung geworden, die sich rasch ausbreitet und durch ein Verstreichen der natürlichen Falten ankündigt. Die Haut ist leicht roth gefärbt, welche Färbung an dem Lidrande ihre Gränzen hat.

bestehen, viel weicher sind, an der Bindehaut nur schwach anhängen und glatt auf ihr aufliegen.

2) Eiterkörperchen und Fasern in den verschiedensten Formen.

3) Die Schleimhaut ist weich, gefässreich, mit flüssigem Exsudat infiltrirt.

4) Das Lid zwar geschwollen, aber unschwer zu öffnen.

5) Das oberflächliche Gefässnetz hat sich zu einer Menge kleiner Granulationen von verschiedener Form entwickelt.

6) Erweiterte Gefässe, welche leicht bluten und zu Erosionen Veranlassung geben.

7) Die Schleimhaut ausserordentlich gefässreich mit vollkommen unbehinderter Circulation.

8) Homogener, rein gelber Eiter, den äusseren Einflüssen länger widerstehend.

9) Die Wärme wenig vermehrt.

10) Der Schmerz erträglich, zuweilen ganz fehlend, verschwindet, wenn die Eiterung Fortschritte macht.

11) Das Gewebe selbst ist gar nicht geschwellt, die Conj. ist nur durch ein flüssiges Exsudat unter ihrem Epithelium geschwollen.

12) Die Schwellung zwar sehr beträchtlich, aber weniger derb und resistent.

Chemosis, *Oedem der Bindehaut.*

1) Chemosis serosa, Erguss seröser Flüssigkeit in die Bindehaut und das subconjunctivale Zellgewebe, zeigt sich als gelbliche, elastische, durchsichtige mehr oder weniger bedeutende, kalte, unschmerzhafte Geschwulst, die häufiger acut, als chronisch verläuft und sich meist als ein ringförmiger Wulst um die Cornea legt, so dass dieselbe vertieft und kleiner als normal erscheint, ohne dass das Sehvermögen wesentlich beeinträchtigt wird. Die Conjunctivalge-

Refractions-Anomalieen des Auges.

Drittes Capitel.

Die Uebersichtigkeit.

Hyperopie, Hypermetropie. *)

Was wir heute Hyperopie nennen, war bisher vielfach übersehen, und in seiner Natur verkannt worden; wesentlich verschiedene Zustände wurden mit einander vermischt und verwechselt. Erst die jüngsten Jahre haben Klarheit in das bis dahin in vielfacher Beziehung dunkle Gebiet gebracht. Janin (1772) scheint als der Entdecker der Hyperopie betrachtet werden zu müssen. Eine noch genauere Beschreibung lieferte Ware (1812), doch gerieth das bereits Gewonnene für längere Zeit wieder in Vergessenheit, um erst viel später nochmals gefunden zu werden. Um die weitere Kenntniss dieser Refractionsabweichung haben sich in neuerer Zeit verdient gemacht: Ruete, v. Graefe, Stellwag von Carion, und vor Allen Donders. Letzterer zog die Grenzen zwischen Hyperopie und Presbyopie, zwischen Accommodations- und Refractionsstörung; er lehrte die bis dahin wenig berücksichtigten niederen Grade von Hyperopie kennen, und deckte den Zusammenhang der Hyperopie mit Asthenopie und Strabismus convergens auf. In meisterhafter Darstellung eröffnete er diese wichtigen und interessanten Beziehungen dem allgemeinen Verständniss und der praktischen Verwerthung.

Neueste die Hyperopie speciell betreffende Quellen:

v. Graefe im Archiv f. Ophth. II. 1. 179. 1855.

Donders Winke, betreffend den Gebrauch und die Wahl der Brillen. Archiv f. Ophth. IV. 1. 301. 1858.

Donders Beiträge zur Kenntniss der Refractions- und Accommodationsanomalieen. Archiv f. Ophth. VI. 1. p. 62. 1860.

Donders Zur Pathogenie des Schielens. Archiv f. Ophth. Bd. IX. 1. pag. 99. 1863.

Nagel Historische Notiz über Hyperopie und Astigmatismus im Archiv f. Ophth. Bd. XII. 1866.

§ 1. Definition der Hyperopie.

Im übersichtigen, hyperopischen Auge liegt bei ruhender Accommodation der hintere Brennpunkt des dioptrischen Systems

*) Der weniger bezeichnende Ausdruck Hyperpresbyopie, welcher von Stellwag von Carion herrührt, verdient wohl nicht ferner beibehalten zu werden.

hinter der Netzhaut, d. h. parallel einfallende Strahlen gelangen nach der Brechung im Auge erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung. Das Gebiet des deutlichen Sehens ist im Vergleich mit dem emmetropischen Auge abgerückt. Der Fernpunkt existirt nicht mehr als ein reeller Punkt im Bereiche der Endlichkeit, er liegt, wie man sich wohl ausdrückt, jenseits unendlich, oder richtiger, er liegt als virtueller Punkt in negativer Richtung, d. h. in endlicher Entfernung hinter dem Knotenpunkt des Auges. Es kommen mithin im Ruhezustande nicht divergente oder parallele Strahlen auf der Netzhaut zur Vereinigung, sondern Strahlen, welche nach dem hinter dem Auge gelegenen Fernpunkte convergiren.

Darin findet die Benennung des Zustandes ihre Begründung. Hypermetropie (ebenso Hyperopie und Uebersichtigkeit) bedeutet dem Wortsinne nach: Fähigkeit über das normale Maass des Sehens, d. h. über die unendliche Ferne hinaus scharf zu sehen, oder Fähigkeit convergente Strahlen auf der Netzhaut zu einem scharfen Bilde zu vereinigen. Es ist das eine Eigenschaft, aus der unter den gewöhnlichen Verhältnissen des Sehens, da convergente Strahlen dabei nicht vorkommen, kein Nutzen gezogen werden kann, während auf der andern Seite eine sehr reelle Einbusse durch Abrückung des Nahepunktes damit verbunden ist.

Die physikalische Ursache der Hyperopie ist der Hauptsache nach und in den ausgesprochenen Fällen zu geringe Länge der Sehaxe des Auges. In gewissen, unten (cf. § 7) näher zu erörternden Fällen handelt es sich jedoch zugleich oder allein um verminderte Brechkraft des dioptrischen Apparats, insbesondere der Linse. Gänzlicher Mangel der Linse hat die höchsten Grade des hyperopischen Refractionszustandes zur Folge.

§ 2. Grade und Gradbestimmung. Latente Hyperopie.

Der Grad der Hyperopie ist durch den Abstand des Fernpunktes vom Knotenpunkt des Auges gegeben, und wird ausgedrückt durch den reciproken Werth dieses in Zollen angegebenen Abstandes. Die Hyperopie H ist $= \frac{1}{R}$, wenn R den in negativer Richtung gemessenen Fernpunktsabstand bedeutet. Zugleich bezeichnet $\frac{1}{R}$ die Convexlinse, mit welcher bei unthätiger Accom-

modation in der Ferne scharf gesehen wird. $H = \frac{1}{30}$ bedeutet somit eine Hyperopie, bei welcher der Fernpunkt 30 Zoll hinter dem Auge liegt, welche ein positives Glas von 30 Zoll Brennweite erfordert, damit ohne jedwede Anspannung der Accommodation in der Ferne scharf gesehen werde.

Diese von Donders eingeführte Bezeichnungsweise ist jetzt wohl allgemein acceptirt worden. Donders schlägt vor, für die Gradbestimmungen der Ametropie stets das Pariser Zollmaass zu Grunde zu legen, doch steht dem entgegen, dass die zur Diagnose benutzten Gläser fast überall nach andern Maassen bezeichnet sind. Die Differenzen sind übrigens für die meisten Fälle nicht so gross, dass eine Reduction der Maasse erforderlich wäre.

Der den Grad der Hyperopie bezeichnende Bruch müsste eigentlich mit dem Minuszeichen versehen werden, da der Fernpunktsabstand negativ ist. Doch wird dies durch die Hinzufügung des Buchstaben H überflüssig.

Die Bestimmung des Grades der Hyperopie geschieht durch Messung des Fernpunktsabstandes. Natürlich ist es nicht möglich, die Lage des nur virtuell hinter dem Auge vorhandenen Fernpunkts direct zu bestimmen. Würde derselbe erst durch starke Convexgläser in einen geringen Abstand vor das Auge gebracht, damit der Abstand gemessen und danach die wahre Lage des Fernpunktes berechnet werden kann (cf. pag. 26), so würde wegen des mangelnden Parallelismus der Sehlinien keine volle Erschlaffung der Accommodation eintreten, und deshalb der Fernpunktsabstand zu gering gefunden werden. Zu einem ungefähren Urtheil genügt indessen dies Verfahren in vielen Fällen. Genauer ergiebt sich der Grad der Hyperopie durch Feststellung des Convexglases, mit dem bei ruhender Accommodation in der Ferne scharf gesehen wird. Man benutzt zur Prüfung grössere Schriftproben, wie sie vom normalen Auge in 15 bis 20 Fuss Abstand erkannt werden (cf. pag. 22), und ermittelt das stärkste Convexglas, mit dem sie deutlich erkannt werden.

Der Abstand zwischen dem Glase und dem Knotenpunkte des Auges ist hier als nicht von Erheblichkeit vernachlässigt worden. Zu genauer Bestimmung des Fernpunktsabstandes muss derselbe jedoch in Rechnung gezogen werden. Nennen wir letzteren x, den Fernpunktsabstand R, die Brennweite der Correctionslinse

L, so ist $L = R + x$, d. h. die Brennweite der Linse, welche, vor das Auge gehalten, parallelen Strahlen eine solche Richtung ertheilt, dass sie nach dem Fernpunkt des Auges convergiren, dass sie mithin nach der Brechung im Auge sich auf der Netzhaut vereinigen, ist gleich dem Fernpunktsabstande, vermehrt um den Abstand der Linse vom Knotenpunkt des Auges. Der Grad der Hyperopie ist also $H = \frac{1}{R} = \frac{1}{L-x}$. Wenn z. B. eine Linse von 6 Zoll Brennweite, $^1/_2$ Zoll vor den Knotenpunkt des Auges gehalten, den Fernpunkt auf ∞ bringt, so ist der Grad der Hyperopie $= \frac{1}{6-1/2} = \frac{1}{5^1/_2}$ (cf. auch pag. 24). Man kann übrigens ohne Nachtheil den Abstand des Glases vom Auge vernachlässigen, höchstens dürfte bei Correctionslinsen von geringer Brennweite der dadurch bewirkte Fehler von einigem Belang sein, weil x im Verhältniss zu R dann nicht mehr verschwindend klein ist.

Bei Complication mit pathologischem Astigmatismus ist der Grad der Hyperopie nach dem am wenigsten hyperopischen Meridian zu bestimmen, die noch geringere Brechkraft aber in dem auf jenem senkrecht stehenden Meridian als hyperopischer Astigmatismus zu bezeichnen. Wäre beispielsweise im verticalen Meridian $H = \frac{1}{20}$, im horizontalen Meridian $H = \frac{1}{10}$, so wäre die Refractionsabweichung erschöpfend zu bezeichnen als $H \frac{1}{20} + Ah \frac{1}{20}$.

Eine Schwierigkeit besteht darin, die volle accommodative Ruhe des zu prüfenden Auges zu erzielen. Da der Hyperop gewohnt ist, seine Accommodation beim Sehen stets zu forciren, da er, auch wenn er mit parallelen Sehlinien in die Ferne blickt, die Accommodation anspannen muss, um das Auge für parallele Strahlen einzurichten, so verliert er allmählich die Fähigkeit, die Accommodation beim Sehen ganz zu erschlaffen, er contrahirt seine Accommodationsmuskel unwillkürlich bei jedem Sehversuch, und selbst dann, wenn, wie nach Application eines Convexglases, die Contraction das Sehen verschlechtert. Durch Convexgläser sieht er dann in der Ferne nicht scharf, weil er die Accommodation nicht erschlafft. Erst wenn solche Gläser länger vor das Auge gehalten werden, beginnt er seine Accommodation wenigstens bis zu einem gewissen Grade zu entspannen, und vermag dann in der Ferne scharf zu sehen. Eine vollständige Erschlaffung des Accommodationsapparats ist bei hyperopischen Augen nur durch künstliche Lähmung mit mydriatischen Mitteln zu erzielen. Erst dadurch wird der wahre Fernpunkt des Auges und der wahre Grad der Hyperopie festgestellt. War schon vorher hyperopischer Re-

fractionszustand constatirt, so wird der Grad der Hyperopie durch die Accommodationslähmung immer noch ansehnlich erhöht. Der Theil der Hyperopie, welchen erst die Einwirkung des Mydriaticums an den Tag bringt, wird latente Hyperopie (Hl) genannt, im Gegensatz zu der manifesten Hyperopie (Hm), welche sich auch ohne dies Verfahren kund giebt. Die gesammte Hyperopie ist also = Hl + Hm.

Bei emmetropischen und myopischen Augen wird der Refractionszustand durch Atropin in der Regel entweder gar nicht, oder nur ganz unbedeutend, etwa um $\frac{1}{80}$, vermindert.

Da die künstliche Accommodationslähmung für den Patienten die Unannehmlichkeit verschlechterten Sehens während mehrerer Tage mit sich führt, wird man mit der Anwendung des Atropins nicht zu freigebig sein dürfen. Die Nothwendigkeit liegt auch nur selten vor, denn zur Auswahl der Brille genügt es in der Regel, den manifesten Theil der Hyperopie zu kennen.

Geringe Grade von Hyperopie können gänzlich latent sein, höhere sind zu einem Theile manifest, zum andern latent. Ein um so grösserer Theil der Hyperopie kann latent sein, je grösser das Gebiet der Accommodation, je jünger also das Individuum ist. Mit zunehmendem Alter und schwindender Accommodation nimmt der latente Theil der Hyperopie ab, der manifeste Theil zu. Ist schliesslich die Accommodation auf 0 reducirt, so existirt keine latente Hyperopie mehr, jetzt erst ist der ganze Betrag der Hyperopie manifest geworden.

Während im hyperopischen Auge gewöhnlich nur höchstens der den convergenten Strahlen entsprechende Theil des Accommodationsgebiets durch Anspannung der Accommodation verborgen bleibt, kann in Ausnahmsfällen durch eine noch stärkere dauernde krampfhafte Anspannung der Accommodation der Fernpunkt in endliche Entfernung gerückt werden, und so scheinbare Myopie entstehen, deren wahre Natur dann erst durch das Mydriaticum aufgedeckt wird (cf. Spasmus der Accommodation).

Niedere Grade von Hyperopie sind recht häufig, selbst abgesehen davon, dass, wie später besprochen werden wird, das emmetropische Auge in höherem Alter mit dem Schwinden der Accommodation etwas hyperopisch wird. In der Jugend, bei guter Accommodation bleiben die niederen Grade leicht unerkannt, weil sie dann meist im obigen Sinne latent sind und erst durch genaue

Prüfung nachgewiesen werden können. Die mittleren und höheren Grade sind viel weniger häufig, Grade von $\frac{1}{6}$ schon ziemlich selten, solche von $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ werden nur ausnahmsweise angetroffen. Bowman hat aber gar einen Fall von H $= \frac{1}{17/10}$ beobachtet.

§ 3. Absolute, relative, fakultative Hyperopie.

Diese Eintheilung bezieht sich auf die Lage des Nahepunktes. Wenn nicht bloss der Fernpunkt, sondern auch der Nahepunkt und das ganze Accommodationsbereich virtuell ist und hinter dem Auge liegt, also Strahlen aus endlicher Ferne in keinem Falle, bei keiner Anstrengung der Accommodation auf der Netzhaut vereinigt werden, so wird der Zustand absolute Hyperopie benannt. Wenn im Gegensatz dazu ein Theil des Accommodationsbereichs vor dem Auge, ein anderer, virtueller hinter dem Auge liegt, so kann es vorkommen, dass zwar die Einstellung für einen Punkt in endlicher Ferne möglich ist, aber nicht mit der diesem Abstand zukommenden, sondern erst bei einer stärkeren Convergenz der Sehlinien, so dass der Convergenzpunkt beider Sehlinien diesseits des Abstandes liegt, für den die Accommodation passt. Dies Verhältniss wird als relative Hyperopie bezeichnet. Dabei kann bei binocularer Fixation in keiner Entfernung scharf gesehen werden, wohl aber, wenn vor ein Auge ein nach aussen brechendes Prisma gehalten wird, welches eine stärkere Convergenz nöthig macht, oder wenn unter Verzicht auf die binoculare Fixation das eine Auge schielend vorbeischiesst. Als fakultative Hyperopie endlich bezeichnen wir es, wenn der binoculare Nahepunkt noch in endlicher Entfernung vor dem Auge liegt. In der Ferne kann also in diesem Falle sowohl mit als ohne Convexgläser binocular scharf gesehen werden.

In früher Jugend, bei vollem ungeschwächtem Accommodationsvermögen sind wohl selbst die höchsten Grade von Hyperopie fakultativ. Wenn mit zunehmenden Jahren die Breite der Accommodation sinkt, wird die fakultative Hyperopie zur relativen, diese später zur absoluten Hyperopie. In höherem Alter wird nicht nur jede Hyperopie, sondern auch die Emmetropie zur absoluten Hyperopie.

Diese Unterschiede können auch so ausgedrückt werden. Bei

jeder Hyperopie liegt der hintere Brennpunkt des Auges bei ruhender Accommodation hinter der Retina. Wenn derselbe auch bei stärkster Anspannung der Accommodation hinter der Retina bleibt, ist die Hyperopie absolut, wenn er erst bei convergirenden Sehlinien die Retina erreicht, ist die Hyperopie relativ, wenn er auch bei parallelen Linien die Retina erreicht, ist die Hyperopie fakultativ.

§ 4. Objective Kennzeichen der Hyperopie.

Der hyperopische Bau charakterisirt sich vor Allem durch Verkürzung der Sehaxe, was sich bei stark seitlicher Richtung des Auges oft deutlich erkennen lässt. Die Sklerotica zeigt rings um die Cornea eine flachere, in der Gegend des Aequator bulbi eine um so stärkere Krümmung. Das Auge ist im Ganzen klein, in manchen Fällen bis zum deutlichen Microphthalmos. Die vordere Kammer ist flach, die Iris nach vorne gedrängt, die Pupille eng.

Donders hat öfters, wenn auch freilich keineswegs constant, bei Hyperopen Eigenthümlichkeiten der Gesichtsbildung beobachtet, welche auf geringerer Entwickelung der Knochen beruhen sollen. Für ausgeprägte Fälle höheren Grades habe ich dies bestätigen können. Geringe Tiefe der Augenhöhlen, flachere Orbitalränder, flache Nase, das ganze Gesicht flacher mit wenig Relief, die Augen weiter als gewöhnlich von einander abstehend, die Lider flach und breit. Besonders auffallend sollen diese Eigenthümlichkeiten bei starken Refractionsunterschieden beider Augen in der dem hyperopischen Auge entsprechenden Gesichtshälfte im Vergleich mit der anderen hervortreten.

Eine Eigenthümlichkeit zeigen stark übersichtige Augen öfters in Bezug auf die Augenstellung. Die Gesichtslinie (welche den fixirten Punkt mit seinem Netzhautbilde an der Stelle des directen Sehens verbindet) fällt bekanntlich mit der Hornhautaxe nicht genau zusammen; sie schneidet die Hornhaut nicht genau in ihrem Centrum, sondern etwas nach innen und meistens etwas oberhalb desselben. Die Grösse der Abweichung aber, d. h. der Winkel, welchen die Gesichtslinie mit der Hornhautaxe bildet, ist nicht in allen Augen von gleicher Grösse, zeigt namentlich in ametropischen Augen ziemlich constante Unterschiede. Während nach Donders' Messungen jener Winkel in emmetropischen Augen durchschnittlich 5° betrug, stieg er in hyperopischen Augen auf 7½° im Mittel. Den Grund davon sucht Donders theils in der kürzeren Entfernung des Knotenpunktes von der Netzhaut, theils in angeborner Lage des gelben Flecks mehr nach aussen. Da bei Uebersichtigen somit die Hornhautaxen beim Blick in die

Ferne etwas mehr divergiren als im emmetropischen Auge, so kann, wenn die Abweichung erheblicher ist, der Anschein eines leichten Strabismus divergens entstehen. Umgekehrt verhält es sich bei kurzsichtigen Augen.

Die ophthalmoskopische Untersuchung lehrt noch sicherer den hyperopischen Refractionszustand zu erkennen, besonders wenn man durch Atropin die Accommodation gelähmt hat. Das aufrechte Bild des Augengrundes ist ohne jede Correctionslinse für den emmetropischen Beobachter sichtbar, schon von Weitem sieht er einzelne Netzhautgefässe deutlich hervortreten. Wenn der Untersuchende seine Accommodation vollkommen entspannt, und sein Auge für parallele Strahlen einrichtet, sieht er auch mit Convexgläsern den Augengrund scharf und deutlich, und kann den Grad der Hyperopie schätzen nach der stärksten Linse, welche ihm ein scharfes Bild giebt. Ein von der Norm abweichender Brechungszustand des beobachtenden Auges muss eventuell in Rechnung gebracht (Hyperopie subtrahirt, Myopie addirt) werden.

§ 5. Functionsstörungen des übersichtigen Auges.

Die Sehstörungen bei Hyperopie lassen sich, da sie hauptsächlich von der Accommodationsbreite abhängen, am besten an die auf diese basirte Eintheilung anknüpfen.

Bei fakultativer Hyperopie mit gutem jugendlichem Accommodationsvermögen tritt kaum ein Nachtheil hervor. Die Accommodation selbst für geringe Abstände von wenigen Zollen ist möglich, nur besteht freilich dem emmetropischen Auge gegenüber der Unterschied, dass, um für einen bestimmten Punkt zu accommodiren, immer eine grössere Anstrengung der Accommodation wie dort erforderlich ist. Schon um in der Ferne scharf zu sehen, wobei das emmetropische Auge die Accommodation ganz erschlafft, muss das hyperopische Auge activ accommodiren, es beginnt, wie Donders sagt, mit einem Deficit. So lange noch ein reichlicher Ueberschuss von Accommodation verfügbar ist, erwachsen hieraus keine Beschwerden. Erst wenn das Individuum älter, die Accommodationsbreite geringer wird, macht sich bei Verwendung des Auges für die Nähe ein Mangel an Ausdauer bemerklich, begreiflicherweise um so früher, je höher der Grad der Hyperopie, je

bedeutender das zu deckende »Deficit« ist. Momentan oder für kurze Dauer ist scharfes Sehen in der Nähe noch möglich, allein wegen eintretender Ermüdung kann die Arbeit nicht lange fortgesetzt werden. Schmerzhafte Empfindungen, die Beschwerden der später näher zu erörternden Asthenopie machen anhaltende Arbeit in der Nähe erst schwierig, dann unmöglich. Das Sehen in der Ferne ist ungestört, und macht keinerlei Beschwerden. Nicht weil die Accommodation für die Ferne leicht und ohne Anstrengung erfolgt, sondern weil es hier nicht erforderlich ist, längere Zeit in demselben Accommodationszustand zu verharren. Nur selten zeigt sich bei fakultativer Hyperopie Unsicherheit der Einstellung für die Ferne. Bei weiterer Abnahme der Accommodationsbreite rückt der Nahepunkt ganz über die übliche Arbeitsentfernung hinaus, und dann hört meist auch die Asthenopie auf, weil sich die feineren Arbeiten von selbst verbieten. Es bildet sich dann ein ähnlicher Zustand aus, wie er auch das emmetropische Auge in vorgerückten Jahren trifft (die Presbyopie, Fernsichtigkeit in Donders' Sinne), wo nahe Objecte überhaupt nicht mehr deutlich erkannt werden, nur dass dieser Zustand bei Hyperopie sich viel früher einstellt.

In dem wegen Mangels an Accommodation weitsichtig werdenden emmetropischen Auge bleiben die asthenopischen Beschwerden, wie unten in dem Abschnitt über Accommodationsbeschränkung näher ausgeführt werden soll, deshalb aus, weil durch Entfernung des Arbeitsobjects um einige Zoll die übertriebene Anspannung der Accommodation viel leichter umgangen werden kann, während hingegen dem hyperopischen Auge durch das Fernerhalten kein irgend nennenswerther Vortheil erwächst.

Wenn endlich die scharfe Einstellung auch für die Ferne aufhört möglich zu sein, so geht die fakultative Hyperopie erst in die relative, dann in die absolute Hyperopie über. Aus keiner endlichen Entfernung werden scharfe Netzhautbilder entworfen, und daher in allen Entfernungen nur gröbere Objecte erkannt.

Wenn wegen sehr hohen Grades von Hyperopie der Uebergang in relative und absolute Hyperopie schon sehr frühzeitig, in den Kinderjahren erfolgt, bildet sich oft instinctiv eine sehr seltsame und charakteristische Verwendung des Sehorgans aus, um die unvollkommenen Netzhautbilder doch nutzbar zu machen, ein

Zustand, der oft zu irrthümlicher Auffassung und Verwechselung Anlass gegeben hat. Man sieht solche Leute, die in der Ferne unvollkommen, in einigen Fuss Abstand ganz schlecht sehen, dennoch ziemlich feine Objecte z. B. mittlere und selbst kleine Druckschrift erkennen, aber auffallender Weise nur in sehr grosser Nähe, in 2—4 Zoll, so dass man sich anfangs veranlasst fühlt, eine amblyopische Myopie anzunehmen.

In dem oben erwähnten extremsten, ganz singulären Fall von Hyperopie, den Bowman beobachtete, wo ein Convexglas von $1^7/_8$ Zoll Fokus für die Entfernung gebraucht wurde, konnte ohne Glas die feinste Diamantschrift (Jäger No. 1) in $^3/_4$ Zoll (!) Abstand vom Auge erkannt werden.

Der Grund, weshalb bei hochgradiger Hyperopie in grosser Nähe, wo doch die Brechungsverhältnisse des Auges am ungünstigsten sind, besser erkannt wird als in etwas grösserem Abstande, liegt zu einem Theile in dem Verhalten der Zerstreuungskreise. Das Erkennen einer gröberen Schrift ist trotz unvollkommener Accommodation und trotz der Gegenwart von Zerstreuungskreisen noch möglich, so lange die letzteren nur nicht so gross sind, dass sie durch allseitiges Ineinandergreifen das ganze Bild verwischen, dass das Zerstreuungsbild des einen Buchstaben noch nicht von dem Zerstreuungsbilde des benachbarten Buchstaben theilweise gedeckt wird. Sobald die undeutlichen Bilder der einzelnen Buchstaben aufhören durch einen kleinen freien Raum von einander getrennt zu sein, geht auch die Möglichkeit der Distinction verloren. So verhält es sich mit einer mittleren Schrift, welche 12 Zoll vor das stark hyperopische Auge gehalten wird. Bringt man die Schrift aber dem Auge näher, so giebt zwar jeder einzelne Punkt einen grösseren Zerstreuungskreis, aber auch die Grösse der Netzhautbilder wächst und zwar — aus einfachen mathematischen Gründen *) — in schnellerem Verhältniss als die Grösse der Zerstreuungskreise (v. Graefe). Deshalb tritt etwa bei 4—6 Zoll Abstand vom Auge der Fall ein, dass die Bilder der einzelnen Buchstaben hinreichend von einander getrennt erscheinen, um das Lesen möglich zu machen. Durch Vorsetzen einer starken Concavlinse vor ein emmetropisches Auge kann man sich auch expe-

*) cf. Arch. f. Ophth. II. 1. 181.

rimentell von dem Sachverhalt und der Richtigkeit der Erklärung überzeugen. Man leistet dann freilich in der Entzifferung der Schrift nicht das Gleiche, wie Hyperopen unter analogen Umständen, dies liegt jedoch ohne Zweifel daran, dass die Hyperopen ihre Accommodation aufs Aeusserste anzuspannen verstehen, um so mehr, da der hohe Convergenzgrad dies befördert, dass sie ferner demzufolge die Pupille stark verengern, und dadurch die Zerstreuungskreise verkleinern (wozu bisweilen noch die Verengerung der Lidspalte mithilft), dass sie endlich durch Gewohnheit und Uebung auch die unvollkommenen Netzhautbilder benutzen und gewissermassen entwirren lernen.

Die Sehschärfe ist bei höheren Graden von Hyperopie häufig unvollkommen. Der Grund davon liegt theils darin, dass die Netzhautbilder kleiner und oft wegen Asymmetrie der brechenden Flächen nicht ganz regelmässig sind, theils vielleicht an unvollkommener Entwickelung der Sehnerven und der Netzhaut. — Ganz verschieden davon sind die erworbenen hohen Grade von Amblyopie und selbst Gesichtsfeldbeschränkung, welche in dem in Folge von Hyperopie schielend werdenden Auge sich ausbilden. Hievon später.

Höhere Grade von Hyperopie finden sich sehr gewöhnlich mit bedeutendem pathologischem Astigmatismus, und demzufolge mit Schwachsichtigkeit verbunden. Cylindrische Gläser stellen wohl zuweilen ein normales Sehvermögen her, aber keineswegs immer — ein Beweis, dass die Organisation des lichtempfindenden Apparats dann nicht normal ist.

Das Accommodationsgebiet pflegt nur bei hochgradiger Hyperopie eine etwas geringere Ausdehnung zu zeigen als im emmetropischen Auge. Eine scheinbare Beschränkung des Accommodationsspielraums wird dadurch bewirkt, dass in Folge der fortwährenden Anspannung der Accommodation, die schon beim Sehen in die Ferne nothwendig ist, der Accommodationsmuskel das Vermögen zu erschlaffen einbüsst, und in einem Zustande unwillkürlicher Spannung verbleibt, oder doch bei jedem Sehversuch sofort in Contraction geräth.

Die relative Accommodationsbreite, die gleichfalls in jeder Stellung um das Quantum der latenten Hyperopie vermindert ist, verhält sich im hyperopischen Auge anders als im normal-

brechenden. Der Hyperop muss schon bei parallelen Sehlinien und bei geringen Convergenzgraden sein Accommodationsvermögen stark in Anspruch nehmen, und es bleibt ihm bei stärkerer Convergenz nur noch ein geringer Rest von Accommodation zur Verfügung. Die relativen Accommodationsbreiten bei geringer Convergenz sind grösser, bei starker Convergenz kleiner als im emmetropischen Auge. Von besonderer Wichtigkeit aber ist es, dass der bei weitem grössere Theil dieser disponiblen Accommodationsbreite in fast allen Stellungen sich jenseits des Convergenzpunktes befindet, also negativ ist, und nur ein sehr kleiner Theil diesseits, also positiv ist. (Der negative Theil ist der bei der Accommodation für den Convergenzpunkt wirklich verwerthete Theil, der positive der noch restirende Ueberschuss (cf. pag. 11.).) Bei einer bestimmten Augenstellung für einen näheren Punkt zu accommodiren, wird also dem Hyperopen sehr schwer, bei geringen Abständen ist es ihm fast unmöglich. Er muss, um auch bei nur mässiger Annäherung die richtige Accommodation zu erhalten, unausgesetzt fast sein volles Accommodationsvermögen in Anspruch nehmen, muss seinen Accommodationsmuskel bis fast zur Grenze seiner Leistungsfähigkeit contrahiren. Dies nun ist eine höchst anstrengende, ermüdende Thätigkeit und veranlasst leicht die Beschwerden der Asthenopie.

Dies wichtige Symptom bedarf noch einer näheren Beschreibung und Erläuterung. Wenn ein Object, eine Schrift oder dergl. erkannt werden soll, das seiner Kleinheit wegen dem Auge nahe gebracht werden muss, so macht das dem Hyperopen im ersten Augenblick keine Schwierigkeit. Die Accommodation für die Nähe ist möglich, kann aber nur für kurze Zeit angehalten werden, jede länger dauernde Beschäftigung mit nahen Objecten (Lesen, Nähen etc.) ruft bald unangenehme Empfindungen im Auge hervor, welche schnell zunehmen, und in kurzer Zeit zwingen, von der Arbeit abzulassen. Nach längerem Fixiren werden die Gegenstände undeutlich und verschwommen, können nur momentweise mit besonderer Anstrengung scharf gesehen werden. Es stellt sich ein Gefühl von Spannung ein, Schmerz oberhalb des Auges, die Augen röthen sich zuletzt und thränen. Unterbrechung der Arbeit beseitigt anfangs die Beschwerden sofort, bei erneuerter Anspannung

der Accommodation treten dieselben aber früher und mit vermehrter Heftigkeit auf, so dass zuletzt alles Arbeiten in der Nähe zur Unmöglichkeit wird. Erst nach längerer Ruhe ist es dann wieder möglich, das Auge für eine Weile für die Nähe einzustellen und zu benutzen; aber jeder Versuch zu arbeiten führt dieselbe Reihe von Erscheinungen wieder herbei. Bisweilen gesellen sich heftige Kopfschmerzen hinzu. Nach längerem Missbrauch der Augen treten zuweilen noch sekundäre Erscheinungen hinzu, Irritationszustand des Accommodationsmuskels, Congestion der innern Membranen.

Dieser Zustand — accommodative Asthenopie ist eine sehr passende Benennung für ihn — ist früher unter vielen andern Namen z. B. Hebetudo visus, Kopiopie, Amblyopie presbytique beschrieben und vielfach falsch aufgefasst worden. Donders gebührt das Verdienst, ihn vollständig erklärt und als ein fast constantes Symptom gewisser Grade der fakultativen Hyperopie erkannt zu haben. Die Asthenopie ist keine selbstständige Krankheit, am wenigsten ein Leiden der Netzhaut, wofür man sie oft gehalten hat, sondern ein Symptom, eine Symptomenreihe, deren Grund — um es zu wiederholen — in den übertriebenen Anforderungen liegt, welche zufolge des ungünstigen Refractionszustandes an die Accommodation des hyperopischen Auges gemacht werden, eine relative Insufficienz der Accommodation. Eine ziemlich beträchtliche, aber der geringen Brechkraft halber dennoch insufficiente Accommodationsbreite ist die Bedingung für das Auftreten der Asthenopie.

Von mancherlei ziemlich ähnlichen Zuständen muss die accommodative Asthenopie scharf geschieden werden, wenn man nicht dem Wesen und der Entstehung nach ganz verschiedene Dinge confundiren will. Bei der muskularen Asthenopie, welche in der Ermüdung der innern geraden Augenmuskeln ihren Grund hat, beruht das Undeutlichwerden der Schrift auf einem verkappten Doppeltsehen, einem Durcheinanderlaufen der Buchstaben, durch eine Bewegungsstörung, nicht auf der Entstehung von Zerstreuungskreisen. Die schmerzhaften Empfindungen pflegen dabei ihren Sitz mehr im Auge selbst als in der Umgebung zu haben.

Die von v. Graefe sogenannte retinale Asthenopie wäre noch abzusondern, wo der Grund der Ermüdung und mangelnde Ausdauer des Sehacts in einer Hyperästhesie des Sehnerven oder der Gefühlsnerven des Auges gesucht werden muss, und ferner

die Schmerzhaftigkeit des Sehens durch Hyperästhesie des Ciliarmuskels, worüber Näheres im letzten Capitel. Die Unterscheidung nach den subjectiven Angaben des Kranken ist in vielen Fällen kaum möglich; durch genaue objective Untersuchung muss man dann die Natur des Symptoms klar zu legen suchen.

Niederere Grade von Hyperopie als $\frac{1}{40}$ verursachen nicht Asthenopie. Bei den höheren Graden handelt es sich darum, wie gross die Accommodationsbreite ist, und wie viel in Bezug auf Nahesehen von den Augen verlangt wird. Je umfangreicher der Accommodationsspielraum ist, um so besser kann, selbst bei bedeutender Hyperopie, in der Nähe gearbeitet werden, ohne dass Asthenopie sich zeigt, so besonders in früher Jugend. Dann erst tritt diese hervor, wenn die vorhandene Accommodationskraft bis zum Aeussersten oder beinahe bis zum Aeussersten angespannt werden muss. Mit abnehmender Accommodationsbreite muss die gleiche Leistung immer schwerer werden, und da das Accommodationsgebiet mit den Jahren stetig abnimmt, so muss nothwendig früher oder später ausgesprochene Asthenopie sich entwickeln. Nach Donders hat hier zufällig die Regel durchschnittliche Geltung, dass der Nenner des den Grad der Hyperopie bezeichnenden Bruches ungefähr das Alter angiebt, in dem die Asthenopie erscheint. Bei $H = \frac{1}{8}$ z. B. hat man im 8ten, bei $H = \frac{1}{30}$ im 30ten Jahre Asthenopie zu erwarten.

Aber auch jede andere Ursache von Abnahme der Accommodation kann bei Hyperopie den gleichen Erfolg haben, so die Parese, die absolute Insufficienz des Accommodationsmuskels. Wie das Gebiet der Accommodation vermindert sein kann, so kann es auch die Energie und Kraft, mit der der Muskel innerhalb dieses Gebietes thätig ist. Wenn durch schwächende Krankheiten, Kachexieen, die Energie des Accommodationsmuskels leidet, treten unabhängig vom Alter die Symptome der Asthenopie ein und können mit Herstellung der Leistungsfähigkeit des Muskels sich wieder verlieren. Nicht minder kann durch Ueberanstrengung des Accommodationsmuskels eine zeitweise Verminderung seiner Excursionsfähigkeit, wie seiner Energie bewirkt und plötzlich Asthenopie hervorgerufen werden. In der That kommt es sehr häufig vor, dass eine besonders mühevolle, langedauernde Arbeit mit feinen

Objecten bei unvortheilhafter Beleuchtung die Gelegenheitsursache des Auftretens asthenopischer Beschwerden wird.

Eine fernere, nicht seltene Folge von Hyperopie ist, wie wir seit Donders' Untersuchungen wissen, convergirendes Schielen. Da bei stärkerer Convergenz der Sehaxen die Accommodation wirksamer und weniger anstrengend ist, so kann es geschehen, dass unter Aufopferung der binocularen Fixation das eine Auge nach innen abgelenkt, und dadurch die anhaltende Accommodation des fixirenden Auges erleichtert wird. Aus der anfangs nur periodisch bei scharfer Fixation eintretenden Ablenkung bildet sich allmählich ein dauernder Strabismus convergens aus. Die asthenopischen Beschwerden schwinden meist mit dem Eintritt der Deviation, weil die Accommodationsthätigkeit nun wesentlich leichter von statten geht. Donders fasst dies in dem Satze zusammen: »Hyperopie verursacht accommodative Asthenopie, die durch activ erzeugten Strabismus convergens überwunden wird.«

Das dynamische Uebergewicht der innern geraden Augenmuskeln kann man in vielen Fällen von Hyperopie nachweisen. Unter der deckenden Hand weicht ein Auge nach innen ab, die durch ein nach oben brechendes Prisma erzeugten Doppelbilder zeigen ausser dem Höhenabstand auch einen seitlichen Abstand in gleichnamigem Sinne. Aber nur in einem Theile der Fälle führt die erhöhte Spannung der Recti interni zu wirklichem Schielen, weil noch besondere Umstände hinzutreten müssen, um das natürliche Streben nach binocularer Fixation zu überwältigen. Solche accessorische Ursachen sind Verschiedenheit in der Refraction oder Sehschärfe beider Augen, Hornhautflecke, überhaupt Umstände, welche den Werth der binocularen Fixation vermindern, sodann ferner angebornes Uebergewicht der innern Augenmuskeln über ihre Antagonisten.

Relative Hyperopie muss als eine besonders wirksame Veranlassung zur Entstehung des Schielens gelten, weil dabei die Accommodation für einen binocular fixirten Punkt nicht mehr möglich ist, wohl aber die Accommodation für gewisse Abstände, wenn eine stärkere Convergenz angenommen wird, wenn also ein Auge nach innen vorbeischiesst.

Die mittleren und höheren, aber nicht die höchsten Grade

von Hyperopie pflegen es zu sein, bei denen sich Strabismus entwickelt. Gewöhnlich fällt die Entstehung in das 5te bis 7te Jahr, wo die Kinder zuerst eine länger dauernde Fixation zu brauchen anfangen. Doch kommen auch Fälle späterer Entwickelung, selten aber nach dem 20ten Jahre vor.

Die Schärfe der Wahrnehmung leidet natürlich in mancher Beziehung, da das vorbeischiessende Auge nur mit einem excentrischen Bilde oder nicht einmal mit diesem zur binocularen Perception beiträgt.

Für das permanent schielende Auge folgt der grosse Nachtheil der Ausbildung einer oft sehr hochgradigen Amblyopie, die sogar schlimmsten Falls unter allmählichem Verlust der innern Hälfte des Sehfeldes in unheilbare Erblindung übergehen kann. Bei abwechselnder Benutzung beider Augen zur Fixation, dem sog. Strabismus alternans, bleibt die Sehkraft beider Augen erhalten.

§ 6. Zur Diagnose der Hyperopie.

Die Erkenntniss der Hyperopie ist nicht immer ganz leicht, namentlich kann sie durch Complication mit Amblyopie erschwert werden. Hyperopie kann übersehen und irrthümlich gehalten werden:

1) Für Emmetropie mit Accommodationsbeschränkung. Die Hyperopie ist latent, wegen unwillkürlicher Anspannung der Accommodation wird mit Convexgläsern in der Ferne nicht scharf gesehen, ja selbst Concavgläser werden durch die Accommodation des jugendlichen Hyperopen überwunden und mit ihnen in der Ferne eben so scharf gesehen, als ohne Glas. Ein grösserer Abstand des Nahepunktes, also geringere Accommodationsbreite, als sie bei Emmetropie demselben Lebensalter zukommt, begründet die Vermuthung vorhandener Hyperopie. Entscheidung giebt oft die ophthalmoskopische Untersuchung, während welcher wegen Mangels eines Fixationspunktes leichter Erschlaffung der Accommodation eintritt, Sicherheit gewährt nur die künstliche Lähmung der Accommodation mit Atropin.

2) Für Myopie, wenn durch stärker entwickelten, dauernden Spasmus der Accommodation der scheinbare Fernpunkt auf eine endliche Entfernung verlegt wird. Unterscheidung wie bei 1.

3) Für hochgradige Myopie mit Amblyopie, wenn bei sehr hohen Graden von Hyperopie in der Ferne schlecht, kleinere Objecte am besten in sehr grosser Nähe gesehen werden (cf. pag. 56). Starke Convexgläser bessern hier das Sehen, Concavgläser verschlechtern es, was bei Myopie sich gerade umgekehrt verhält.

4) Für Emmetropie mit Amblyopie. Convexgläser bessern auch hier das Sehen in der Nähe durch Vergrösserung der Netzhautbilder, aber das Sehen erlangt nicht die normale Schärfe, weder in der Nähe noch in der Ferne, während der Hyperop durch das geeignete Glas in beiden Fällen normal scharf sieht. Ist die Hyperopie mit Amblyopie complicirt, so liefern Convexgläser ungenügende Correction. Auch nach möglichst genauer Bestimmung der Sehschärfe ist der Fernpunkt oft schwer festzustellen. Betreffs der Refraction liefert dann die ophthalmoskopische Untersuchung im aufrechten Bilde noch das sicherste Ergebniss.

Irrthümlicher Weise kann Hyperopie angenommen werden bei Emmetropie mit Amblyopie. Wenn nämlich hier Convexgläser für die Ferne das Sehen verbessern, so ist doch nicht mit Sicherheit auf Hyperopie zu schliessen. Dieselben nützen durch Vergrösserung der Netzhautbilder, welche bei Amblyopie für das Erkennen oft wichtiger ist als volle Schärfe, und am meisten dann, wenn die Pupille sehr eng ist, und daher die Zerstreuungskreise klein sind. Mydriasis und Ophthalmoskop müssen auch hier die Entscheidung liefern.

§ 7. Aetiologie der Hyperopie.

Verkürzung der Sehaxe scheint in der grossen Mehrzahl der Fälle den Grund der Hyperopie, die Haupteigenthümlichkeit des hyperopischen Bau's zu bilden. Sie ist bei starker Innenwendung des Bulbus oft direkt nachweisbar; der Bulbus sieht aus, als wäre er von vorne nach hinten zusammengedrückt. Donders nimmt an, dass eine mangelhafte Entwickelung des Auges die Ursache davon sei. Flachere Gestalt und daher grössere Brennweite der Linse ist vielleicht zuweilen gleichzeitig vorhanden, aber durchaus nicht immer nachzuweisen; ebensowenig verminderte Hornhautkrümmung.

Der hyperopische Bau ist wahrscheinlich angeboren, häufig erblich. Oft sieht man mehrere Fälle von Hyperopie in derselben Familie.

Erworben scheinen höhere Grade von Hyperopie, abgesehen von Linsenverlust, nicht vorzukommen. Wenn sie auch erst in späteren Jahren bei abnehmender Accommodation entdeckt werden, so haben sie wohl stets schon in latentem Zustande bestanden.

Weniger hohe Grade von Hyperopie können dagegen erworben werden. 1) Durch Abflachung der Cornea, der ganzen oder des mittleren Theils in Folge ulceröser Erkrankungen. 2) Die Sehaxe kann mechanisch durch Compression des Bulbus von hinten her verkürzt und dadurch vorübergehend das Auge hyperopisch werden. Dies kommt vor bei Exophthalmos durch Entzündung und Schwellung des orbitalen Fettzellgewebes, durch Bluterguss, Tumoren in der Orbita. 3) Durch Steigerung des intraocularen Druckes. Bei Glaukom und schon im Prodromalstadium desselben wird daher bedeutende Hyperopie gefunden, die sich oft in sehr kurzer Zeit stark entwickelt. Die Hornhautkrümmung soll dabei verringert werden, indem durch die Druckzunahme der ganze Bulbus sich mehr der Kugelgestalt annähert, und der nach innen einspringende Rand der Hornhaut nach vorne gedrängt wird. Donders erkennt die Abflachung der Cornea nicht an, vermuthet vielmehr eine Abflachung der Linse durch Spannung der Zonula Zinnii, oder möglicherweise einen höheren Brechungscoëfficienten des Glaskörpers. 4) Durch vollständige Accommodationslähmung scheint die Linse flacher zu werden als sonst im Zustande vollen Accommodationsnachlasses. Künstliche Accommodationslähmung durch Atropin erzeugt, auch wo kein Spasmus der Accommodation stattfindet, eine Abnahme der Refraction um etwa $\frac{1}{80}$, macht also das emmetropische Auge etwas hyperopisch. Auch Accommodationslähmungen aus anderen Ursachen machen Hyperopie, welche später mit Herstellung der Accommodation wieder verschwindet (Jacobson, Nagel).

Ein gewisser Grad von Hyperopie ist insofern als eine physiologische Erscheinung zu betrachten, als das normale, emmetropische Auge in höherem Alter regelmässig eine geringe Abnahme seiner Refraction erfährt. Während der Nahepunkt schon von den Kinderjahren an successiv und regelmässig sich vom Auge entfernt, bleibt der Fernpunkt lange in seiner Lage unverändert. Erst nachdem die Accommodationsbreite schon stark abgenommen hat,

beginnt auch die Refraction des ruhenden Auges etwas abzunehmen, so dass nun schwach convergente Strahlen auf der Netzhaut vereinigt werden. Dies pflegt in den fünfziger Jahren zu geschehen, aber die senile Refractionsverminderung geht selten weiter als $\frac{1}{20}$. In gleicher Weise nimmt eine bereits vorhandene Hyperopie im hohen Alter um etwas zu, eine vorhandene Myopie um etwas ab, wenn diese Abnahme nicht, wie gewöhnlich, durch fortschreitende Sehaxenverlängerung compensirt oder übertroffen wird. Der Grund der senilen Refractionsabnahme liegt nur zum Theil in der eben erwähnten Abflachung der Linse durch Aufhebung der Accommodation; zum grösseren Theil darin, dass das Linsensystem zugleich durch allmähliche Consistenzzunahme mit wachsendem Lichtbrechungscoëfficienten der äusseren Linsenschichten eine grössere Brennweite erhält.

Der Umstand, dass das Lichtbrechungsvermögen der Linsenschichten vom Kern nach aussen hin abnimmt, vermehrt die gesammte Brechkraft des Krystallkörpers. Dieselbe wird dadurch grösser, als sie sein würde, wenn die sämmtlichen Schichten die Brechkraft des am stärksten brechenden Kerns besässen. Die Gesammtbrechkraft muss sinken, wenn bei zunehmendem Alter jener Unterschied durch Verhärtung der äusseren Schichten der Linse ausgeglichen wird. Dass Letzteres geschieht, beweist schon die mit dem Alter zunehmende Reflexion an der vorderen und hinteren Linsenfläche. In sehr hohem Alter scheint auch die Sehaxe etwas verkürzt zu werden, dagegen findet eine Abflachung der Cornea, die man vielfach vermuthet hat, nicht statt.

5) Entfernung der Linse aus dem Auge, oder doch aus ihrer normalen Lage hinter der Pupille — durch Verletzungen, Staaroperationen, die Herausnahme, Aufsaugung oder Dislocation der Linse bewirken — hat hohe Grade von Hyperopie zur nothwendigen Folge. Näheres über Aphakie folgt im 7ten Capitel.

§ 8. Behandlung der Uebersichtigkeit.

Eine Einwirkung auf den hyperopischen Bau des Auges vermögen wir nicht auszuüben, die Hyperopie nicht zu heilen. Wir müssen uns begnügen den Nachtheilen für das Sehen abzuhelfen. Eine spontane Abnahme resp. Heilung der Hyperopie scheint nur ausnahmsweise vorzukommen; dieselbe ist nur nachgewiesen nach Heilung einer Accommodationsparalyse, welche zugleich die Re-

fraction herabgesetzt hatte; ferner bei Zunahme der Convexität der Hornhaut in Folge von Erkrankungen dieser Membran. Dass durch progressive Sehaxenverlängerung bei häufiger angestrengter Accommodation für die Nähe in der Jugend das hyperopische Auge erst emmetropisch, dann myopisch werden könne, wird von Donders bestritten.

Von mehr physiologischem als praktischem Interesse ist die Erfahrung, dass die Anwendung der Calabarbohne für sehr kurze Zeit die Hyperopie bei jungen Individuen gewissermassen verschwinden und scharfes Sehen in grosser Nähe möglich macht (cf. Spasmus der Accommodation).

Die Nachtheile der Hyperopie lassen sich beseitigen durch den Gebrauch von Convexbrillen, welche die Refraction des Auges vermehren. Zunächst ist voranzuschicken, was sich fast von selbst versteht, dass nur dann eine Brille zu verordnen ist, wenn das Sehen ungenügend ist oder wenn asthenopische Beschwerden auftreten. Die niederen Grade von Hyperopie, welche keinerlei Beschwerden verursachen, und selbst die mittleren, wenn die Augen nicht zur Arbeit in der Nähe verwandt werden, sind keiner Correction bedürftig.

Theoretisch würde es am passendsten erscheinen, durch das den ganzen Betrag der Hyperopie genau corrigirende Glas die Brechkraft des hyperopischen Auges der des emmetropischen gleich zu machen, und dann das Glas ununterbrochen für die Nähe sowohl als für die Ferne zu benutzen, so dass die Brille gewissermassen einen integrirenden Theil des Auges bildet. $H = \frac{1}{n}$ wäre daher durch $\frac{1}{n}$, ein Glas von n Zoll Brennweite zu corrigiren, da dasselbe den Fernpunkt auf ∞ bringt, das Auge emmetropisch macht. Allein die Aehnlichkeit mit dem emmetropischen Auge ist keine vollkommene, insbesondere ist das quantitative Verhältniss zwischen Convergenz und Accommodationsspannung in beiden Fällen ganz verschieden, und deshalb erweist sich die Neutralisationsbrille als ungeeignet.

Abgesehen davon, dass in dem bewaffneten hyperopischen Auge die Netzhautbilder etwas grösser sind als in dem emmetropischen, weil die Knotenpunkte durch das vor dem Auge befindliche Glas mehr nach vorne verlegt werden, dass deshalb auch in der Projectionsrichtung kleine Störungen eintreten, abgesehen davon, dass das Glas zugleich die Wirkung hat, die

Accommodationsbreite um ein Weniges zu verkleinern, so besteht ein viel wichtigerer Unterschied in dem Verhalten der relativen Accommodationsbreiten. Wenn auch der absolute Nahe- und Fernpunkt bei neutralisirter Hyperopie dieselbe Lage haben wie im emmetropischen Auge, so findet doch keineswegs dieselbe Vertheilung in dem positiven und negativen Theil statt, wie dort. Es sind vielmehr die relativen Accommodationsbreiten fast in allen Convergenzstellungen nur positiv, ein negativer Theil fehlt meist ganz. Das bedeutet: das hyperopische Auge ist immer für einen zu nahen Punkt accommodirt, und daher das binoculare Sehen sehr erschwert. Zwar wird das Missverhältniss bei ununterbrochenem Tragen der Brille mit der Zeit zum Theil ausgeglichen, indem der Hyperop seine Accommodation mehr erschlaffen lernt. Allein doch nur zum Theil, und es ist daran auch der Uebelstand geknüpft, dass die Fähigkeit, ohne Brille zu sehen, verloren geht, denn es schwindet das dem ohne Brille sehenden Hyperopen unentbehrliche Vermögen, mit geringerer Convergenz einen hohen Grad von Accommodationsanstrengung zu verbinden. Auch bleibt trotz des Gebrauchs der neutralisirenden Gläser ein Theil der Hyperopie latent, die Accommodation erschlafft nicht völlig, der Hyperop ist myopisch gemacht, sieht in der Ferne schlecht, und verfällt, da er die Arbeitsobjecte sehr nahe halten muss, in muskulare Asthenopie. Kurz, die Brille ist zu stark.

Giebt man wiederum eine Brille, welche nur die manifeste Hyperopie corrigirt, so genügt diese gewöhnlich nicht zum bequemen Arbeiten und zur Fortschaffung der Asthenopie; sie ist zu schwach.

Donders giebt daher die Vorschrift, man solle die manifeste Hyperopie, und ¼ der latenten Hyperopie corrigiren.

Um dies in aller Genauigkeit auszuführen, muss man den Betrag der latenten Hyperopie durch Lähmung der Accommodation ermittelt haben, und da man dies wo möglich zu vermeiden sucht, muss man sich durch ungefähre Abschätzung und Probiren zu helfen suchen, was in der That meistens zu einem ganz zufriedenstellenden Resultate führt. Eine Brille, die etwas stärker ist, als zur Neutralisation der manifesten Hyperopie ausreicht, gestattet gewöhnlich eine mühelose Beschäftigung mit feinen Objecten. Sie muss jedoch im Laufe der Zeit in dem Maasse verstärkt werden, als die Accommodationsbreite ab- und die manifeste Hyperopie zunimmt.

Zuweilen ist die so gewählte Brille und selbst diejenige, welche nur die manifeste Hyperopie neutralisirt, anfangs nicht zusagend. Man sieht damit undeutlich, da man, der Gewohnheit folgend, zu stark accommodirt. Erst durch den anfänglichen Gebrauch schwächerer Brillen, und allmähliches Uebergehen zu den stärkeren, wird das relative Accommodationsgebiet derartig verlegt, dass es sich dem normalen Verhalten nähert, und dass nach einigen Wochen mit dem anfangs nicht vertragenen Glase gut gesehen wird. Früher machte man es irrationeller Weise umgekehrt, man gab immer schwächere Brillen, und suchte dadurch schliesslich die Brille entbehrlich zu machen. Freilich kommt es vor, dass nach Verlauf einiger Zeit, wenn der überangestrengte Accommodationsmuskel sich erholt hat, auch ohne Brille gearbeitet werden kann, und dann mag dies bei mässigen Anforderungen geschehen. Aber über kurz oder lang wird die Rückkehr zur Brille doch nothwendig, und man schreite alsbald dazu, wenn nur die geringsten Spuren von Asthenopie sich wieder einstellen.

Die Anwendung des Atropin ist in manchen Fällen nicht gut zu entbehren, nämlich wenn die mit aller Vorsicht gewählte Brille doch kein genügendes Resultat liefert, wenn trotz der Klagen über Asthenopie keine manifeste Hyperopie nachweisbar ist, endlich wenn es darauf ankommt, ohne öfteres Probiren sogleich zu einem möglichst sicheren Ergebniss zu gelangen.

Für die Ferne braucht die Brille nicht in allen Fällen benutzt zu werden. Unbedingt rathsam aber ist die Benutzung im Falle hochgradiger (relativer oder absoluter) Hyperopie jugendlicher Individuen. Das ungenaue Sehen in der Ferne erfordert jedenfalls eine Correction, und da bei guter Accommodation die nämliche Brille sowohl für die Nähe als für die Ferne genügt, muss sie ohne Unterlass getragen werden. Bei stark eingeschränkter Accommodation muss freilich ausser der nach obiger Regel bestimmten Brille noch eine stärkere für die Nähe gegeben werden.

Bei fakultativer Hyperopie hingegen, wo in der Ferne mit blossem Auge vollkommen scharf und ohne Anstrengung gesehen wird, mag, um die Fähigkeit ohne Glas zu sehen nicht Preis zu geben, die Brille für gewöhnlich fortgelassen, und nur zur Arbeit verwendet werden. Mit sinkender Accommodation stellt sich dann doch später die Nothwendigkeit heraus, auch für die Ferne die Brille in Gebrauch zu ziehen.

Wenn bei erheblicher Beschränkung der Accommodationsbreite ein zweites stärkeres Glas für die Nähe nöthig wird, so handelt

es sich darum, auf welchen Abstand der Nahepunkt gebracht werden soll. Hierin hat man sich nach der noch übrigen Accommodation, der Sehschärfe und nach der Gewohnheit zu richten, worüber Näheres unter Accommodationsbeschränkung (Capitel 7). Wenn B den gewünschten, P den wirklichen Abstand des Nahepunktes bezeichnet, so ist das zu wählende Glas $= \frac{1}{P} + \frac{1}{B}$. Es befinde sich z. B. der Nahepunkt in 18 Zoll, und solle auf 9 Zoll gebracht werden, so dient dazu $\frac{1}{18} + \frac{1}{9} = \frac{1}{6}$, ein Glas von 6 Zoll Brennweite.

Ist in hohem Alter die Accommodation fast ganz verschwunden, so kann zum scharfen Sehen in verschiedenen Abständen selbst eine dritte Brille nothwendig werden; ebenso bei Aphakie, wo alle Accommodation fehlt (cf. unten den betreffenden Abschnitt).

Die Symptome der Asthenopie bedürfen nur in den seltensten Fällen ausser der Wahl der richtigen Brille noch einer besonderen Behandlung. Waren jene Beschwerden schon sehr ausgebildet und von längerer Dauer, so ist es zweckmässig, eine Periode völliger Ruhe anzuordnen, so dass für einige Zeit jede Arbeit in der Nähe unterlassen wird. Beim Benutzen der Brille ist es rathsam, anfangs öftere kurze Pausen in der Arbeit zu machen, bei den ersten Spuren der Ermüdung einzuhalten, für gute helle Beleuchtung zu sorgen, nicht übertriebene Leistungen den Augen zuzumuthen. Wird hartnäckige Asthenopie dadurch unterhalten, dass der Accommodationsapparat, ohne zu erschlaffen, in steter starker Anspannung verharrt, wie das nach übertriebener Anstrengung zuweilen vorkommt, so hat man durch öftere energische Anwendung von Atropin die Accommodation vollkommen zu paralysiren, und einige Zeit in der Paralyse zu erhalten. Wenn die Asthenopie durch eine vorübergehende Schwächung der Energie der Accommodation hervorgerufen ist, z. B. im Laufe einer fieberhaften Krankheit, so ist Ruhe und tonische Behandlung zur Beseitigung meist ausreichend, eine Brille oft gar nicht, oder nur ganz vorübergehend erforderlich.

Die sekundären Erscheinungen der Asthenopie, Irritation der Retina und des Accommodationsapparats, werden meistens schon durch die erwähnten Maassregeln gehoben, ausserdem ist längere Ruhe, das Tragen gebläuter Brillen, Anwendung der kalten Douche von Vortheil.

Die durch Hyperopie verursachte Schielabweichung wird in der Entstehungsperiode, wenn sie noch nicht stationär geworden ist, durch das Tragen der Convexbrille vollkommen geheilt. Zuweilen gelingt es auch noch den bereits entwickelten Strabismus auf diese Weise rückgängig zu machen (Mooren), namentlich wenn man gleichzeitig nach Du Bois-Reymonds Vorschlage methodische Uebungen mit dem Stereoskop zur Herstellung binocularer Fixation machen lässt, wie sie noch neuerdings wieder von Javal *) empfohlen sind. Beides, die Brille und das Stereoskop sind ferner wichtige Hülfsmittel für die Nachbehandlung nach der Operation, welche für das ausgebildete Schielen in der Regel nicht zu entbehren ist. Das abgewichene Auge bedarf, der Amblyopie wegen, separater Uebung. Tägliche Leseübungen mit starken Convexgläsern **), einige Minuten bis 1/4 Stunde fortgesetzt, bewirken, wenn die Fixation noch nicht gelitten hat, schnelle Besserung der Sehschärfe. Wenn bei jungen Kindern in Folge hochgradiger Hyperopie Schielen entsteht, und man Brillen noch nicht verordnen kann, so dürfen wenigstens die Separatübungen (mit Verbinden des einen Auges) nicht versäumt werden, wenn nicht das schielende Auge seiner Sehkraft verlustig gehen soll.

Die zuweilen, wenn auch selten, mit Hyperopie verbundene Insufficienz der inneren geraden Augenmuskeln macht den Gebrauch einfacher Convexbrillen unthunlich, und macht convexprismatische Brillen oder eine operative Behandlung nothwendig.

---

*) Klinische Monatsblätter f. Augenheilkunde 1864. pag. 404.

**) v. Graefe empfiehlt zu den Uebungen die Combination zweier Convexgläser, z. B. $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{6}$, welche in ein kurzes metallenes Rohr zusammengefügt, und mit einer Handhabe versehen werden. Man erreicht hiebei relativ starke Vergrösserungen bei geringerer sphärischer Aberration und besserem Abstande vom Auge, als es bei einfachen Convexgläsern der Fall ist.

Viertes Capitel.

Die Kurzsichtigkeit.

Myopie *), Brachymetropie.

Die erste im Wesentlichen richtige Vorstellung von der Kurzsichtigkeit und dem Nutzen concaver Brillen für das kurzsichtige Auge hatte Keppler (1604). Dass Verlängerung der Sehaxe den Grund des kurzsichtigen Baues bilde, war vielleicht schon Boerhaave (1708) bekannt, wurde jedoch zuerst anatomisch erwiesen durch Ritterich (1839) und Arlt. Letzterer insbesondere erforschte die anatomischen Veränderungen im myopischen Auge, welche zum Theil von Scarpa und v. Ammon ohne Kenntniss des Zusammenhanges mit Myopie beschrieben waren. Die an die Myopie geknüpften ophthalmoskopischen Veränderungen wurden von v. Graefe und v. Jaeger entdeckt, und namentlich von Liebreich weiter verfolgt. Weitere anatomische und mikroskopische Untersuchungen verdanken wir v. Graefe, v. Jaeger, H. Müller, Schweigger, Donders. v. Graefe studirte die Bewegungsstörungen des kurzsichtigen Auges und deckte den Zusammenhang mit muskularer Asthenopie auf. Donders endlich vervollständigte in neuester Zeit unsere dioptrischen Kenntnisse von der Myopie, namentlich durch sorgfältige ophthalmometrische Messungen und urgirte die enge Beziehung zwischen myopischem Bau und Auswärtsschielen. Sein oben erwähntes Buch enthält die beste und ausführlichste Monographie der Myopie, welche wir besitzen.

Neueste die Myopie speciell betreffende Quellen:

v. Graefe Ueber Sclerotico-chorioiditis posterior. Archiv f. Ophth. I. 1. pag. 390. 1854 und I. 2. pag. 307. 1855.

E. v. Jaeger Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wiss. Phys. math. Classe. Bd. 15. pag. 319. 1855.

v. Graefe Ueber Myopia in distans. Archiv f. Ophth. II. 1. pag. 158. 1855.

R. Liebreich Ophthalmoskopische Notizen. Archiv f. Ophth. VII. 2. pag. 124. 1860.

v. Graefe Ueber muskulare Asthenopie. Archiv f. Ophth. VIII. 2. pag. 314. 1862.

v. Graefe Ueber die von Myopie abhängige Form convergirenden Schielens und deren Heilung. Archiv f. Ophth. X. 1. pag. 156. 1864.

Donders s. die pag. 48 erwähnten Aufsätze im Archiv f. Ophth.

*) Von $\mu\acute{\upsilon}\omega$ schliessen und $\check{\omega}\psi$ Auge — Zustand, in dem, um in der Ferne zu sehen, die Augen halb geschlossen werden.

§ 1. Definition der Myopie.

Im kurzsichtigen, myopischen Auge liegt bei ruhender Accommodation der hintere Brennpunkt des dioptrischen Systems vor der Netzhaut; parallel einfallende Strahlen gelangen nach der Brechung im Auge vor der Netzhaut zur Vereinigung. Auf der Netzhaut kommen unter allen Umständen nur solche Strahlen zur Vereinigung, und erzeugen nur solche Strahlen scharfe Bilder, welche aus einem in endlicher Entfernung vor dem Auge gelegenen Punkte divergiren. Der Fernpunkt und das ganze Accommodationsbereich ist somit dem Auge näher gerückt als im emmetropischen Auge.

Die physikalische Ursache dieser Abweichung von dem normalen Zustande der Emmetropie kann eine doppelte sein. Entweder besteht vermehrte Brechkraft der dioptrischen Medien bei normgemässer Länge der optischen Axe des Auges, oder es besteht vermehrte Länge der optischen Axe bei normaler Brechkraft der dioptrischen Medien. In beiden Fällen muss das Bild ferner Objecte vor die Netzhaut, fallen. Beide Ursachen kommen factisch vor, zuweilen beide vereinigt. Verlängerung der Sehaxe ist bei Weitem die wichtigste und häufigste Ursache der Kurzsichtigkeit; nur ausnahmsweise kommt Zunahme der Brechkraft der Medien vor, durch verstärkte Wölbung der Hornhaut oder Linse, veränderte Lage der letzteren. (Näheres in dem § über die Aetiologie der Myopie.)

Anderen Definitionen gegenüber hebe ich hervor, dass es sich bei der Begriffsbestimmung der Myopie um die Lage des wahren, durch den anatomischen Bau und die physikalischen Eigenschaften des Auges gegebenen Fernpunktes handelt, nicht um die Lage des durch eine abnorme Accommodationsthätigkeit herangerückten Fernpunktes. Im emmetropischen, und selbst im hyperopischen Auge kann durch einen permanenten, nur durch mydriatische Mittel besiegbaren Krampf des Ciliarmuskels der Fernpunkt bis auf geringere Entfernung dem Auge genähert werden, aber es hiesse die Grenzen zwischen Refractions- und Accommodationsstörung vernichten, wollte man solche Fälle als Myopie statt als Accommodationsspasmus auffassen.

§ 2. Grad und Gradbestimmung.

Der Grad der Myopie ist gegeben durch den Abstand des Fernpunktes vom Knotenpunkt des Auges, d. h. durch die conjugirte Vereinigungsweite für den Abstand der Netzhaut vom Knotenpunkt des Auges im Zustande völliger accommodativer Ruhe. Der Grad wird bezeichnet mit dem reciproken Werthe des in Zollen ausgedrückten Fernpunkts-Abstandes. M ist $= \frac{R}{1}$, wenn R der Abstand des Fernpunktes ist.

Damit fällt zusammen der Ausdruck für die Concavlinse, welche, zu dem dioptrischen System des Auges hinzugefügt, dieses zu einem normalbrechenden, emmetropischen macht, d. h. den Fernpunkt bis ∞ hinausrückt (cf. pag. 23). Derselbe ist ein Bruch mit dem Zähler 1, dessen Nenner die negative Brennweite der Linse in Zollen angiebt. $M = \frac{1}{15}$ oder $= \frac{1}{6^1/_2}$ bedeutet eine Myopie, bei der der Fernpunkt in 15, resp. $6^1/_2$ Zoll Abstand vor dem Auge liegt, welche ein Glas — 15, resp. — $6^1/_2$ zum deutlichen Sehen in grosser Ferne erfordert.

Der Abstand des Concavglases vom Knotenpunkte des Auges (x) ist hiebei ausser Acht gelassen. Er müsste als vergrösserte Brennweite in Rechnung gebracht werden, so dass $M = \frac{1}{L+x}$, wenn L die negative Brennweite der Correctionslinse ist. Wäre z. B. — 8 das Correctionsglas, und x betrüge $^3/_4$ Zoll, so wäre der Grad der Myopie $M = \frac{1}{8^3/_4}$. Nur bei den höheren Graden hat man hierauf Rücksicht zu nehmen, da hier ein Unterschied von $^1/_2$—1 Zoll nicht mehr unwesentlich ist.

Um den Grad der Myopie festzustellen, bestimmt man den Fernpunkt entweder direkt optometrisch (z. B. mit dem v. Graefe schen Stäbchenoptometer cf. pag. 20), was namentlich bei den höheren Graden, wo der Fernpunkt in geringem Abstande vor dem Auge liegt, leicht ausführbar ist. Oder man lässt den zu Prüfenden eine der grösseren Schriftproben aus der Entfernung betrachten, in welcher sie von dem normalen Auge noch deutlich erkannt werden (z. B. Snellen No. 15 oder 20 in 15 resp. 20 Fuss), und ermittelt das schwächste Concavglas, mit welchem bei vollständiger Entspannung der Accommodation diese Schrift erkannt wird.

Sehr zweckmässig und zeitsparend ist die vorläufige Ermittelung des Grades der Myopie durch Leseproben in der Nähe. Wenn ganz feine Schrift bis auf 7 Zoll Abstand gelesen wird,

so wird, wenn nicht erhebliche Amblyopie im Spiele ist, — 7 ungefähr das für die Ferne geeignete Glas sein. Mit diesem oder einem etwas schwächeren Glase hat man dann die Proben für die Ferne zu beginnen.

Von grosser Wichtigkeit für die Wahl der Concavbrille ist es, den Fernpunktsabstand nicht zu unterschätzen: also gerade das schwächste Glas festzustellen, mit dem in der Ferne scharf gesehen werden kann.

Die Annahme eines zu hohen Grades von Myopie, die Verordnung einer zu starken Brille führt wesentliche Gefahren mit sich. Es kommt also darauf an, während der Untersuchung volle Accommodationsruhe zu erzielen. Bei hohen Graden von Kurzsichtigkeit wird dies oft durch einen gewissen Grad von Spasmus der Accommodation erschwert oder unmöglich gemacht und daher die Myopie überschätzt. Aber auch ohne denselben werden zuweilen stärkere Concavgläser den genau passenden vorgezogen, weil die bedeutende Verkleinerung die Schärfe der Umrisse zu erhöhen scheint. Noch andere Quellen der Täuschung sind unten bei Besprechung der Diagnose (§ 8.) aufgeführt. Um nun möglichst sichere Resultate zu bekommen, setze man die Untersuchung mit immer schwächeren Concavgläsern so lange fort, bis das Fernsehen bei wiederholter Prüfung wesentlich undeutlicher bleibt als mit stärkeren Gläsern.

Ein Hülfsmittel, um zu entscheiden, ob ein Concavglas zu stark oder zu schwach ist, besteht in dem Wechsel des Abstandes des Glases vom Auge. Wenn beim Abrücken des Glases das Sehen eben so gut oder besser ist, so ist das Glas zu stark. Aber nicht umgekehrt; denn auch ein starkes Glas wird, um grössere Netzhautbilder zu gewinnen, dem Auge möglichst genähert (Donders).

Um ganz sicher zu gehen, kann man, wo Zweifel stattfinden, die Accommodation durch Atropin paralysiren.

Ist die Myopie mit pathologischem Astigmatismus complicirt, so bestimmt man den Grad der Myopie nach dem am wenigsten myopischen Meridian, der Ueberschuss an Myopie in dem am stärksten brechenden Meridian ist als myopischer Astigmatismus in Anschlag zu bringen. Wäre z. B. im verticalen Meridian $M = \frac{1}{10}$ im horizontalen Meridian $M = \frac{1}{20}$, so bezeichnen wir die Refractionsabweichung als $M \frac{1}{20} + Am \frac{1}{20}$.

Niederere Grade von Myopie als $\frac{1}{24}$, die übrigens sehr häufig sind, pflegen der geringen Störungen wegen kaum beachtet zu werden. Will man der Verständigung halber eine Scheidung der Grade

machen, die indessen ganz willkürlich ist, so kann man Myopie bis $\frac{1}{12}$ als niedere, bis $\frac{1}{6}$ als mittlere, die darüber als hohe Grade bezeichnen. Die höchsten Grade über $\frac{1}{4}$ sind die seltensten, doch kommen selbst Grade von $\frac{1}{2}$ und darüber ausnahmsweise vor.

Ueber die relative Häufigkeit der Grade giebt folgende von Donders nach seinen Erfahrungen entworfene Tabelle Aufschluss.

Grad der Myopie.	Zahl der Fälle unter 1000.
16 : 24 = 1 : $1\frac{1}{2}$	
	3
15 : 24 = 1 : $1\frac{2}{3}$	
	4
14 : 24 = 1 : $1\frac{5}{7}$	
	3
13 : 24 = 1 : $1\frac{11}{13}$	
	5
12 : 24 = 1 : 2	
	13
11 : 24 = 1 : $2\frac{2}{11}$	
	16
10 : 24 = 1 : $2\frac{2}{5}$	
	24
9 : 24 = 1 : $2\frac{2}{3}$	
	47
8 : 24 = 1 : 3	
	49
7 : 24 = 1 : $3\frac{3}{7}$	
	68
6 : 24 = 1 : 4	
	83
5 : 24 = 1 : $4\frac{4}{5}$	
	110
4 : 24 = 1 : 6	
	149
3 : 24 = 1 : 8	
	171
2 : 24 = 1 : 12	
	169
1 : 24 = 1 : 24	
	85
0 : 24 = 1 : ∞	

Hiebei ist zu bemerken, dass die kleineren Zahlen für die niedrigsten Grade bis zu $\frac{1}{12}$ in der Tabelle nur darin begründet sind, dass die Wenigsten der damit Behafteten zu ärztlicher Untersuchung kommen.

Der Vergleich mit der Hyperopie ergiebt, dass die niedrigsten Grade der Hyperopie im Ganzen häufiger sind als die der Myopie; dass dagegen die mittleren und höheren Grade der Myopie häufiger gefunden werden als die der Hyperopie. Schon M $\frac{1}{24}$ ist häufiger als H $\frac{1}{24}$.

§ 3. Objective Kennzeichen der Myopie.

Der myopische Bau des Auges charakterisirt sich durch eine tiefere vordere Kammer und weitere Pupille als im emmetropischen Auge; doch ist Beides nicht vollkommen constant. Bei sehr hohen Graden von Myopie fällt meistens sogleich eine abnorme Lage des Auges auf. Der Bulbus ist grösser als der normale, nach vorne gedrängt, so dass er die Lider stark aus einander zu pressen scheint. Zuweilen sieht man daher oberhalb der Cornea noch ein Stück der weissen Sclera, was dem Auge ein eigenthümliches glotzendes Aussehen verleiht. Beträchtliche Verlängerung der Sehaxe und cylindrische Formveränderung des Bulbus lässt sich bei starker Innenwendung des Auges oft direkt wahrnehmen. Durch Anschmiegen von Bleifäden kann man sich von Beidem eine noch deutlichere Anschauung verschaffen. Auch die Bewegung eines solchen stark verlängerten Bulbus zeigt sich erschwert und beschränkt.

Bei geringen und selbst bei mittleren Graden von Kurzsichtigkeit fehlen nicht selten alle diese Zeichen, oder sind nur schwach angedeutet, und erst die genaue Untersuchung mit dem Augenspiegel ermöglicht die objective Erkenntniss der Refractionsabweichung.

Bisweilen scheinen kurzsichtige Augen trotz richtiger binocularer Fixation in leicht convergenter Stellung zu stehen. Der Grund davon liegt in der Abweichung der Gesichtslinie von der Hornhautaxe, welche im kurzsichtigen Auge geringer zu sein pflegt als im emmetropischen Auge. Der Winkel, welchen beide Linien mit einander bilden, beträgt im emmetropischen Auge durchschnittlich 5°, im myopischen dagegen nur 2°; ja es kommt vor, dass er $= 0$ wird, oder gar negativ, wenn nämlich die Ge-

sichtslinie die Hornhaut nicht innen, sondern aussen vom Centrum schneidet. Die Hornhautaxen beider Augen müssen also bei der Fixation mehr convergiren als bei emmetropischem Auge, und daraus kann der Anschein leichten Schielens nach innen entstehen (Donders).

Die ophthalmoskopische Untersuchung lässt den myopischen Refractionszustand erkennen, sowohl im aufrechten als im umgekehrten Bilde. Bei der Prüfung im aufrechten Bilde erkennt ein Beobachter mit normaler Refraction bei ruhender Accommodation den Augengrund des normalen für den Fernpunkt eingerichteten Auges ohne Correctionsglas. Um aber von dem Augengrunde des myopischen Auges ein scharfes Bild zu erlangen, bedarf er eines concaven Glases, eines um so stärkeren, je höher der Grad der Myopie ist. Ein myopischer Beobachter braucht dem Grade seiner Myopie entsprechend stärkere Concavgläser, ein hyperopischer Beobachter schwächere, resp. gar keine, oder selbst positive Gläser. Der Grad ist zu beurtheilen nach der schwächsten Concavlinse, mit welcher der Augengrund scharf gesehen wird, wobei natürlich eine etwaige Ametropie des Beobachters in Rechnung zu bringen ist.

Das virtuelle Bild des myopischen Augengrundes ist stärker vergrössert, als das des emmetropischen Auges, das Sehfeld ist kleiner.

Für die seitlichen Theile des Augengrundes sind oft weit schwächere oder gar keine Concavgläser erforderlich, indem diese Theile den dioptrischen Medien näher liegen, als das in der stark verlängerten Sehaxe gelegene Centrum.

Das reelle umgekehrte Bild des Augengrundes wird in um so geringerer Entfernung vor dem Auge entworfen, je höher der Grad der Myopie ist. Bei hohen Graden kann man aus einiger Entfernung ohne Hülfslinse das reelle Luftbild sehen. Bei Benutzung convexer Hülfslinsen ist dasselbe von viel geringerer Vergrösserung, als unter gleichen Umständen das umgekehrte Bild des normalen Auges. Hieraus lässt sich wohl die Gegenwart erheblicher Myopie abnehmen, niedere Grade aber lassen sich ebensowenig mit Sicherheit feststellen, als der Grad der Refractionszunahme. Am sichersten, und bei genügender Uebung des Beobachters untrüglich, ist die objective Beurtheilung des Brechzustandes

jederzeit durch Untersuchung im aufrechten Bilde nach Anwendung von Atropin.

§ 4. Ophthalmoskopischer Befund im Augengrunde.

Mit dem Augenspiegel entdecken wir beinahe constant gewisse pathologische Veränderungen im Innern des kurzsichtigen Auges, Veränderungen, welche für das Verständniss des der Myopie zu Grunde liegenden Processes von grösster Wichtigkeit sind.

Der Befund besteht in einer mehr oder weniger ausgebreiteten, bald mehr circumscripten, bald mehr diffusen Atrophie der Choroidea und Sklerotica im Zusammenhang mit Ausdehnung des hinteren Bulbusabschnittes. Die Nachbarschaft der Sehnervenpapille, besonders auf der äusseren der Macula lutea zugekehrten Seite derselben ist der Hauptsitz dieser Veränderungen, welche dem Grade nach sehr verschieden sein können.

Der gewöhnlichste Befund ist eine an die Aussenseite der Papille des Opticus sich anschliessende weisse, stark reflectirende Sichel, welche wie eingeschoben erscheint zwischen die Papille und die gesunde Choroidea. Diese Sichel ist bald ganz schmal, bald breiter, bald einen grösseren, bald einen kleineren Theil der Papille umgreifend. Sie gränzt sich entweder scharf, und oft mit einem bogenförmigen dunkeln Pigmentstreifen, gegen den normal aussehenden Augengrund ab, oder sie geht in andern Fällen allmählich in diffuse Atrophie über. Nur bei hohen Graden von Myopie in vorgeschrittenem Stadium sieht man einen, die ganze Papille rings umgebenden, gewöhnlich auf der Aussenseite breiteren Ring. Um die Zeit der ersten Entstehung sieht man diese Partie nur erst durch eine heller rothe Farbe und unregelmässige Pigmentvertheilung ausgezeichnet, später nach Resorption des Pigmentepithels sieht man die Choroidealgefässe blossliegen. Bald obliteriren diese, und auch das spärliche intervasculäre Stromapigment verliert sich zuletzt, und es scheint ausser einigen Pigmentresten jede Spur von der Choroidea verschwunden. Die weissglänzende Sclera liegt frei zu Tage, bedeckt von der kaum wahrnehmbaren Netzhaut mit ihren gegen den hellen Grund sich scharf abhebenden rothen Gefässen *).

*) Gute bildliche Darstellungen der im Text erwähnten ophthalmoskopischen Befunde findet man in den ophthalmoskopischen Atlanten von Ed. Jaeger (Wien 1855) und R. Liebreich (Berlin 1863).

Im weiteren Verlaufe sieht man, wenn das Leiden progressiv ist, an die atrophische Sichel eine neue ähnliche Figur sich ansetzen, welche sich gleichfalls in einem oder mehreren Bögen gegen die, gewöhnlich durch Pigmentanhäufung begrenzte Umgebung absetzt, und nun allmählich dieselben Veränderungen durchmacht, wie der erstergriffene Theil. Auch ganz getrennt von der afficirten Stelle neben dem Sehnerven treten öfters isolirte inselförmige Heerde auf, welche ganz die nämlichen Erscheinungen der Atrophie zeigen, und bei allmählicher Ausdehnung mit dem ursprünglichen Heerde confluiren können.

Zu der circumscripten Choroidealatrophie gesellt sich namentlich sehr deutlich in den stark progressiven Formen auch oft ein gewisser Grad von diffuser Atrophie. Die Choroidea erscheint in einem grösseren Theil des Augenhintergrundes schwach und ungleich pigmentirt, hie und da die Sclera hell durchschimmernd, die Choroidealgefässe stellweise wie blossgelegt, weitläuftig, gestreckt, wie aus einander gedrängt, von sehr ungleichem Caliber. Der Uebergang ins Normale erfolgt ganz allmählich, ja zuweilen zeigt der ganze sichtbare Theil der Choroidea deutliche Spuren von Dehnung und Verdünnung; nicht minder die Retina, deren Gefässe einen auffallend gestreckten Verlauf zeigen.

Wenn der Process im Fortschreiten begriffen ist, kann man an den Stellen, wo dies der Fall ist, also namentlich an den Grenzen der sichelförmigen Zonen, gewöhnlich congestive Röthung wahrnehmen, ebenso auch, namentlich bei jungen Individuen, capilläre Hyperämie des Sehnerveneintritts. Dabei fehlen denn auch gewöhnlich Reizungssymptome nicht.

Von grosser Wichtigkeit sind ferner die Veränderungen, welche die Gegend der Macula lutea betreffen. Durch manche anatomische Eigenthümlichkeiten ist diese Stelle zu Erkrankungen disponirt, die einen besonderen Charakter tragen. Selten, nur bei sehr hohen Graden von myopischer Formveränderung erstreckt sich der atrophische Heerd vom Sehnerven aus continuirlich bis zur Stelle des directen Sehens. Häufiger bildet sich eine ganz umschriebene, auf diese Stelle mit nächster Umgebung allein beschränkte Affection aus, Choroidealatrophie wie am Sehnerveneintritt, aber auch Exsudatplaques, von kleinen Blutergüssen herrührende rothe

Flecken, ferner unregelmässige, oder oft eine sternförmige Figur bildende Pigmentanhäufungen. Für das Sehvermögen sind natürlich diese Localisationen des Processes vorzugsweise verderblich, zumal da gerade hier die Netzhaut viel schneller an den Veränderungen Theil nimmt, als an andern Stellen.

Der Augengrund zeigt häufig merkliche Niveauunterschiede, die sich theils durch die verschiedene Stärke der zum scharfen Erkennen erforderlichen Concavgläser, theils durch parallaktische Verschiebungen, am besten vermittelst des binocularen Augenspiegels, feststellen lassen. Einerseits findet eine mehr gleichmässige Ausbuchtung der gesammten hinteren Bulbuswand statt, sodann bilden die ganz atrophischen Partieen noch besondere, circumscripte Excavationen, Ectasieen von nicht unbedeutender Tiefe. Die über die Ränder solcher Sclerectasieen hinlaufenden Gefässe erscheinen deshalb zuweilen geknickt, und die auf den Wänden der Ausbuchtung befindlichen Objecte zeigen sich in perspektivischer Verkürzung. Die Papille kann ganz oder theilweise innerhalb der Ectasie liegen. Hiedurch erklären sich auch die in manchen Fällen sehr auffallenden Formveränderungen der Sehnervenscheibe, wenn dieselbe in der abschüssigen Seitenwand der Ectasie gelegen ist. Derjenige Durchmesser der Papille muss sich nämlich am stärksten verkürzt zeigen, welcher am meisten gegen die Blickrichtung des Beobachters geneigt ist. Wenn daher die Ectasie, wie bei Weitem am häufigsten, aussen vom Sehnerven liegt, so muss der horizontale Durchmesser verkürzt, die Papille mithin stehend oval erscheinen. Schliesst sich dagegen die Ectasie unterhalb an den Sehnerven, so erscheint letzterer queroval, in seinem verticalen Durchmesser verkürzt.

Schon im normalen Auge erscheint die Sehnervenscheibe fast stets nicht ganz kreisrund, sondern etwas stehend oval. Dies liegt nicht etwa daran, dass der Sehnerv wirklich so gestaltet ist, sondern daran, dass seine Oberfläche gegen die Blickrichtung des Untersuchenden etwas geneigt ist, so dass der horizontale Durchmesser etwas verkürzt erscheinen muss.

Dem nicht geübten Ophthalmoskopiker begegnet es bei der Untersuchung myopischer Augen leicht, dass er die Form und Grösse des Sehnerven verkennt, wegen der an ihn grenzenden, zuweilen ganz ähnlich gefärbten atrophischen Stelle der Choroidea, zumal der Sehnerv im umgekehrten Bilde viel kleiner erscheint,

als im emmetropischen Auge. Die Grenze der atrophischen Sichel wird dann leicht für die Sehnervengrenze gehalten. Bei grösserer Aufmerksamkeit jedoch, wird man immer die wahre Sehnervengrenze als eine zarte Linie erkennen können, noch leichter bei der starken Vergrösserung des aufrechten Bildes.

Der Glaskörper enthält häufig grössere oder kleinere Opacitäten, entweder bewegliche Flocken, — ein Zeichen von Verdünnung oder Verflüssigung — seltener feststehende Punkte oder Fäden.

Bei den hohen und höchsten Graden von Myopie werden oft weitere ophthalmoskopische Zeichen der verschiedensten, bisweilen zum Ruin des Auges führenden Folgeleiden gefunden. Chorioideïtis, Retinitis, intraoculare Blutungen, Netzhautablösung, Glaukom, Cataract können die mehr oder weniger direkten Folgen der Myopie sein, doch brauchen diese Zustände hier nicht näher beschrieben zu werden.

Der beschriebene ophthalmoskopische Befund ist ein so constanter, dass er bei den höheren Graden von Myopie, und namentlich in vorgerückterem Alter fast nie fehlt, während er in jüngeren Jahren und bei geringeren Graden von Myopie häufiger vermisst wird. Kaum in $\frac{1}{10}$ aller Fälle von Myopie dürfte jede Spur der beschriebenen ophthalmoskopischen Veränderungen fehlen. Dieselben sind um so charakteristischer, da sie nur sehr selten in ähnlicher Weise ohne Myopie gefunden werden.

Obige Veränderungen bilden sich meist sehr allmählich aus, daher man sie nur ausnahmsweise schon in den Kinderjahren deutlich ausgesprochen, gewöhnlich nur spurweise angedeutet findet *). Mit dem Alter nehmen sie langsam, und oft mit einer gewissen Regelmässigkeit zu, so dass Donders sogar im Stande gewesen ist, in einer sehr grossen Reihe von Fällen ein ganz bestimmtes Verhältniss der Maasse der atrophischen Stellen zu dem Alter des Individuums und dem Grade der Myopie, und eine ganz bestimmte Progression in beiden Beziehungen nachzuweisen. Dies Ergebniss hat freilich nur durchschnittliche Geltung für zahlreiche Fälle, im Einzelnen finden sich zuweilen starke Abweichungen, hohe Grade

*) E. v. Jaeger behauptet, sichelförmige Atrophie bereits bei Neugebornen vorgefunden zu haben.

von Myopie mit sehr geringen, niedere Grade mit bedeutenderen ophthalmoskopischen Veränderungen.

§ 5. Anatomischer Befund.

Der myopische Bulbus zeigt fast stets gewisse Formveränderungen, welche bei hohen Graden von Kurzsichtigkeit sehr erheblich und ins Auge fallend sind. Abgesehen von den Fällen, wo bloss eine durch pathologische Vorgänge vermehrte Convexität der Hornhaut den myopischen Refractionszustand verursacht, erstreckt sich die Veränderung meist vorzugsweise auf den hinteren Bulbusabschnitt. In der Nähe des hinteren Pols und des Sehnerven ist die Bulbuswand ausgedehnt, daher die Sehaxe verlängert. Meistens sind auch die andern Axen, wiewohl in geringerem Grade verlängert, so dass der Bulbus grösser, und oft sehr beträchtlich grösser ist als der normale. Während die Sehaxe des normalen Auges 22—23 Mm. misst, wird sie bei hohen Graden von Myopie um $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, ja selbst um die Hälfte verlängert gefunden. (Donders fand sogar bei $M = \frac{1}{13,10}$ die Sehaxe 37 Mm. lang.) Der Augapfel hat dabei bald eine gleichmässig ovoide Gestalt angenommen, bald, besonders in den hochgradigen Fällen, und meist in nächster Nähe des Sehnerven ist eine umschriebene Ausbuchtung vorhanden, ein sog. Staphyloma posticum, Sclerectasia postica. Die ectasirte Bulbuswand ist in beiden Fällen verdünnt, die inneren Membranen, Choroidea und Netzhaut ausgedehnt, zum Theil atrophisch, zuweilen in hyperämischem oder chronisch entzündlichem Zustande (Sclerotico-chorioideitis posterior).

Nur wenige Einzelnheiten mögen hier eine Stelle finden, und nur soweit sie sich auf den gewöhnlichsten Befund, ohne Complicationen und ohne secundäre Erkrankungen, beziehen.

Die Sclera ist im Allgemeinen in myopischen Augen zarter und dünner als in anderen. Gegen den hinteren Pol zu wird sie immer dünner, bei starker Ausdehnung so dünn wie Papier und durchscheinend, daher sie von aussen ein bläuliches Aussehen zeigt. Bei ausgebildeten hinteren Staphylomen kann sie das Aussehen einer dünnwandigen Blase gewähren.

Die Choroidea, in der vorderen Bulbushälfte ziemlich normal, zeigt sich nach hinten mehr und mehr verdünnt, entfärbt,

stellweise und namentlich in der Nähe des Opticus vollständig atrophisch, so dass oft nur ein dünnes, farbloses Häutchen übrig ist. Die Gefässe sind an solchen Stellen obliterirt und bis auf geringe Reste ganz zu Grunde gegangen, das Pigment theils ganz verschwunden, theils frei in Körnchenhaufen, nachdem die Zellen zerstört sind, am Rande atrophischer Stellen dagegen oft massenhaft angehäuft. Im Umkreise des atrophischen Theiles finden sich oft alle Stadien der Degeneration neben einander. Entzündungsprodukte, Adhäsionen sind meist nur spärlich vorhanden, fehlen zuweilen gänzlich.

Die Retina zeigt am wenigsten pathologische Veränderungen, und ist meist relativ gut erhalten trotz der an der Streckung der Gefässe kenntlichen Dehnung. Im Bereich der ectasirten Stellen sind die Veränderungen bedeutender. Mitunter zieht die Netzhaut frei über die mit einem wässrigen Fluidum gefüllte Ectasie hin, öfter aber ist sie gleichfalls ausgebuchtet, und liegt der Choroidea an. Bald ist sie über der entarteten Aderhaut fast ganz normal, bald getrübt, atrophisch, mit der Aderhaut verwachsen. Letzteres namentlich am Rande der circumscripten Ectasieen und in der Gegend des gelben Flecks, wenn hier ein Erkrankungsheerd besteht.

Der Sehnerv zeigt eigenthümliche Verdickung seiner Scheiden, welche als weisse Sicheln am Rande der Papille sichtbar werden (E. v. Jaeger).

Der Glaskörper, an Masse vermehrt, zeigt sich bei den höheren Graden progressiver Myopie gewöhnlich in seiner Consistenz vermindert bis zur völligen Dissolution und Verflüssigung, am meisten im hinteren Theile. Die Sclerectasieen sind mit ganz dünner Flüssigkeit ausgefüllt. Oft schwimmen trübe Flocken und Fetzen im Glaskörper umher.

§ 6. Functionsstörungen des kurzsichtigen Auges.

Der Kurzsichtige sieht in der Nähe sehr scharf, erkennt selbst feinere Objecte, als vom normalen Auge erkannt werden, da er wegen stärkerer Annäherung grössere Netzhautbilder erhält. Das Sehen in der Ferne dagegen ist mangelhaft, die Bilder um so undeutlicher, je höher der Grad der Myopie und, bei gleichen Graden, je weiter die Pupille ist, je grösser mithin die Zerstreu-

ungskreise sind. Bei recht heller Beleuchtung, welche die Pupille verengert, wird daher besser gesehen, ebenso wenn in vorgerückten Jahren die Pupille dauernd kleiner wird. Bei sehr hohen Graden von Myopie, wo der Fernpunkt sehr nahe am Auge liegt, kann wegen der sehr unvollkommenen Bilder, welche schon von Gegenständen aus wenigen Fuss Entfernung entstehen, auch die Orientirung leiden. Namentlich ist dies im Dämmerlicht, oder bei künstlicher Beleuchtung im hohen Grade der Fall, wo die ohnehin schon grosse Pupille sich noch stark erweitert. Im Erkennen sehr feiner Objecte hingegen bei derselben schlechten Beleuchtung leisten solche Augen oft viel mehr als emmetropische Augen.

Kurzsichtige pflegen, wenn sie in die Ferne sehen, sich durch instinctives Zukneifen der Augen zu helfen. Dadurch wird einmal das Auge comprimirt, und so die Refraction des Auges um etwas vermindert (cf. pag. 6), sodann wird die Pupille zum Theil verdeckt, in einen schmalen Schlitz verwandelt, und aus beiden Gründen die Zerstreuungskreise verkleinert, das Sehen verdeutlicht.

Viel kommt bei der Benutzung der undeutlichen Netzhautbilder auf Uebung und Gewohnheit an. Manche Kurzsichtige bringen es hierin bewundernswürdig weit, sehen trotz ansehnlicher Zerstreuungskreise in der Ferne erträglich gut; andere werden schon durch geringe Zerstreuungskreise sehr genirt, und finden sich in denselben nicht zurecht, besonders solche, die gewöhnlich Brillen tragen und daher in dem Entwirren und Entziffern, oder wie man sich auch ausdrückt, im »Verarbeiten« der Zerstreuungsbilder nicht geübt sind. Auch die psychische Thätigkeit, die Bildung, die Gewandtheit und Lebhaftigkeit des Geistes ist hiebei von grossem Einfluss.

In sehr seltenen Fällen scheint es vorzukommen, dass bei geringen Graden von Myopie, aber bei sehr reizbarer Netzhaut die Bildung mässiger Zerstreuungskreise eine krampfartige Accommodation für die Nähe veranlasst, so dass das Sehen in der Ferne ganz undeutlich wird.

Ueber diesen Zustand, von v. Graefe Myopia in distans genannt, (welchen Namen Donders jedoch perhorrescirt) cf. Näheres in dem Abschnitt über Krampf der Accommodation.

Die Sehschärfe kann, namentlich bei jungen Individuen und bei angeborner Myopie ganz normal sein, wird aber häufig unvoll-

kommen gefunden. Besonders bei den höheren Graden von Myopie, fast constant wenn der Grad $\frac{1}{5}$ überschreitet, und in höherem Alter besteht etwas Amblyopie, ohne Zweifel wegen der Ausdehnung und sonstigen Veränderungen der inneren Membranen. Insbesondere scheint die mit der Vergrösserung des Areals verbundene Auseinanderdrängung der percipirenden Netzhautelemente die Schuld zu tragen. Auch kommt die Blendung wegen des allgemeinen oder theilweisen Pigmentmangels in der Aderhaut hinzu. Pathologischer Astigmatismus verringert nicht gar selten die Sehschärfe der Kurzsichtigen.

Es ist durchaus kein Beweis gegen das Vorhandensein von Amblyopie, wenn die feinsten der üblichen Schriftproben gelesen werden, denn da der Kurzsichtige die Objecte sehr nahe nehmen kann, verschafft er sich viel grössere Netzhautbilder als der Normalsichtige, und muss also entsprechend feinere Objecte erkennen können als dieser. Das unvollkommene Sehen in der Ferne selbst mit Hülfe der passendsten Concavgläser belehrt dann über den Grad der Sehschärfe.

Die Accommodation des kurzsichtigen Auges pflegt normal zu sein, nur bei hohen Graden von Myopie und bei entzündlichen Zuständen ist sie oft stark beschränkt. Von der Accommodationsbreite hängt die Lage des Nahepunktes ab. Derselbe kann dem Auge bis auf $1^1/_2$ Zoll, ja in den extremsten Fällen bis auf 1 Zoll und noch näher gerückt sein. Die dem zunehmenden Alter constant zukommende Schmälerung des Accommodationsbereichs, die sich durch Abrückung des Nahepunktes äussert, darf nicht für Abnahme der Myopie gehalten werden. Bei geringen Graden von Kurzsichtigkeit kann es vorkommen, dass in Folge von Abnahme der Accommodation auch das Sehen in der Nähe erschwert wird, und dass eine Convexbrille für die Nähe erforderlich wird, während für die Ferne eine Concavbrille gebraucht wird.

Die relative Accommodationsbreite gestaltet sich bei myopischen Augen anders als bei emmetropischen. Wenn der Kurzsichtige beide Augen auf einen Punkt richtet, welcher um den Fernpunktsabstand vom Auge entfernt ist, so muss er, um diesen Punkt scharf zu sehen, seine Accommodation völlig ruhen lassen, während der Emmetrop unter gleichen Umständen schon

ziemlich stark accommodiren muss. Auch bei Fixation jedes näheren Punktes muss der Myop seine Accommodation viel weniger spannen, als der Emmetrop bei gleichem Convergenzgrade. Die Association zwischen der Thätigkeit der inneren geraden Augenmuskeln und der Accommodation ist also gegen das emmetropische Auge in quantitativer Hinsicht ganz verändert. Wäre sie es nicht (und ein solcher Zustand kommt bei sehr schnell und im späteren Lebensalter entwickelter Myopie oder bei Schwäche der inneren Augenmuskeln vor), so würde der binoculare Fernpunkt nicht mit dem monocularen zusammenfallen, ersterer würde dem Auge näher liegen als der letztere. Da bei den schwächeren Convergenzgraden ein so geringer Theil der Accommodation zur Verwendung kommt, so ist der negative Theil der relativen Accommodationsbreite sehr klein, der positive, noch disponible Theil sehr gross — umgekehrt wie bei der Hyperopie (cf. pag. 58). Die Harmonie, wie sie zwischen Convergenz und Accommodation bei ganz normalen Augen besteht, ist also bei der Myopie aufgehoben. Die Accommodation wird geschont, die einwärtsziehenden Augenmuskeln stark beansprucht. Dies Missverhältniss führt nicht selten zur Ueberanstrengung und Ermüdung der letzteren, und den lästigen Symptomen der muskularen Asthenopie, welche sogleich näher erörtert werden sollen. Uebrigens kann das Associationsverhältniss zwischen Accommodation und Convergenz, da es von der Uebung abhängig ist, auch durch Uebung innerhalb gewisser Grenzen modificirt werden z. B. durch den Gebrauch concaver Brillen, welche wie im § 10. unter Therapie erläutert werden soll, den Zusammenhang dem normalen des emmetropischen Auges annähern.

Weiterhin kann der myopische Refractionszustand auch zu Störungen in der Stellung und Bewegung der Augen Veranlassung geben. Im Falle bedeutender Verlängerung des Bulbus in der Richtung der Sehaxe ist seine Beweglichkeit in der Orbita erschwert und beschränkt, namentlich bemerkt man, dass er nach aussen und innen nicht so weit wie der normale Bulbus bewegt werden kann. Dazu kommt, dass der Drehpunkt, je höher der Grad der Myopie ist, um so weiter vom hinteren Ende der Sehaxe entfernt ist, was wiederum die Mobilität des Auges benachtheiligt.

Ferner erwachsen in vielen Fällen Störungen aus den erhöhten Anforderungen, welche an die Leistungen der innern geraden Augenmuskeln gemacht werden. Um beide Augen gleichzeitig auf so nahe Punkte zu richten, wie sie der Sehweite bei hochgradiger Myopie entsprechen, müssen die Musculi recti interni kräftig contrahirt werden. Bei angeborner, oder in früher Jugend zur Entwickelung gelangter, mässiger Myopie erfahren diese Muskeln eine stärkere Ausbildung, und bleiben ihrer Function gewachsen. In höherem Alter jedoch und namentlich bei schnell zunehmender Myopie sind sie oft insufficient, vermögen das Gegengewicht der Recti externi nicht zu besiegen. Die Kraft der Interni kann zugleich unter dem normalen Maass sein (z. B. in Folge von Dehnung oder angeborner geringerer Entwickelung), allein sie braucht es nicht zu sein, die Insufficienz braucht keine absolute zu sein, sie ist relativ, indem die Muskeln den erhöhten Anforderungen nicht zu entsprechen vermögen.

In beiden Fällen, mag die Schwäche der Interni absolut oder relativ sein, zeigen sich Schwierigkeiten zunächst bei anhaltender Fixation naher Objecte. Wenn auch die momentane Einstellung der Sehaxen noch ohne Beschwerde von statten geht, so ist damit doch ein Grad von Spannung der innern geraden Augenmuskeln verbunden, welcher sich nicht dauernd ohne Nachtheil aufbringen lässt. Es folgt bald ein Gefühl der Ermüdung und schmerzhafter Spannung, das wir als muskulare Asthenopie bezeichnen.

Um die Kenntniss dieses Zustandes hat v. Graefe dieselben Verdienste, wie Donders um die Kenntniss der accommodativen Asthenopie. Er erst hat ihn in seiner Natur, seinen ursächlichen Beziehungen kennen, von den verwandten Zuständen scheiden gelehrt. Auch die muskulare Asthenopie darf nicht als ein selbstständiges nervöses Leiden aufgefasst werden, sie ist ein Symptom, ein weniger häufiges, aber doch ein ebenso wichtiges wie die accommodative Asthenopie. Der Zusammenhang mit Myopie ist weniger eng und nothwendig als der Zusammenhang der accommodativen Asthenopie mit Hyperopie — denn auch bei hyperopischer Refraction kommt nicht gar selten Insufficienz der Interni und muskulare Asthenopie vor — allein doch enge genug, um ihm hier noch einige Worte widmen zu dürfen.

Bei länger dauernder Beschäftigung mit nahen Objecten stellen sich drückende und spannende Empfindungen im Auge und um dasselbe herum ein, welche je länger, je mehr zunehmen, und das Arbeiten, namentlich mit feinen Objecten sehr erschweren. Manche Patienten geben geradezu an, es werde ihnen schwer, die Sehlinien auf den nahen Gegenstand vereinigt zu halten. Ist die Affection stärker ausgebildet, so wird die Fortsetzung der Arbeit dadurch unmöglich, dass unter Zunahme der schmerzhaften Gefühle die Objecte verschwimmen und undeutlich werden. Bei genauerer Nachforschung erweist sich das Verschwimmen bedingt durch verdecktes Doppeltsehen, z. B. durch ein Zusammen- und Durcheinanderlaufen der benachbarten Buchstaben, im Gegensatz zur accommodativen Asthenopie, welche sich mehr durch Breiter- und Indistinctwerden der Contouren kennzeichnet. Wo es einmal so weit gekommen ist, da wird das Arbeiten in der Nähe bald ganz unmöglich, da die Beschwerden sich schnell steigern, und Unterbrechung der Arbeit nur einen geringen Nutzen schafft.

Der Grund der muskularen Asthenopie liegt, wie schon erwähnt, in der (relativen oder absoluten) Schwäche der Interni, daher diese Muskeln, um die geforderte Augenstellung zu bewirken, sich aufs Aeusserste anspannen müssen. Da die Erscheinungen keineswegs so charakteristisch sind, dass sie jederzeit nach den subjectiven Angaben, namentlich der weniger gebildeten Kranken unterschieden werden können, so ist, um mit Sicherheit die Natur des Leidens zu enthüllen, der objective Nachweis der Muskelinsufficienz und der forcirten Muskelspannung erforderlich.

Nur ganz in der Kürze kann hierauf eingegangen werden. Genaueres findet man in v. Graefe's trefflicher Arbeit über muskulare Asthenopie. Folgende Mittel dienen zum Beweise, dass die Spannung der Interni abnorm gross ist. 1) Beim langsamen Annähern des Fingers in der Mittellinie ist die binoculare Fixation nicht, wie unter normalen Verhältnissen, bis auf 3 Zoll möglich, sondern schon in grösseren Abständen, 5, 6, 8 Zoll weicht ein Auge stark nach aussen ab. 2) Wenn man bei scharfer Fixation eines in 8—10 Zoll Abstand vom Auge befindlichen Objectes das eine Auge durch einen Schirm so verdeckt, dass es von der Fixation ausgeschlossen ist, so sieht man dasselbe von der Fixationsrichtung nach aussen abweichen und nach Entfernung des Schirms behufs der Fixation sich wieder nach innen wenden.

Die Grösse des Drehungswinkels giebt einen Maassstab für den Spannungsexcess. 3) Genauer lässt sich dieser Winkel feststellen durch den seitlichen Abstand der gekreuzten, und in verschiedener Höhe stehenden Doppelbilder, welche auftreten, wenn man durch ein nach oben oder nach unten brechendes Prisma die gemeinschaftliche Fixation aufhebt. 4) Ein noch genaueres Maass der Muskelspannung und Spannungsfähigkeit erhält man durch Ermitteluug derjenigen Prismen, welche durch Aussen- uud Innenwendung (Abduction und Adductiou) behufs Erzieluug des Einfachsehens überwunden werden (cf. pag. 44). Uebertriebene Spannung der Interni wird dadurch nachgewieseu, dass viel schwächere adducireude, und viel stärkere abducirende Prismen überwunden werden, als unter uormaleu Umständen.

Dicse Augaben beziehen sich zunächst auf den Nachweis absoluter Insufficienz der Iuterni, können aber mutatis mutandis auch zum Nachweis relativer Insufficienz bei myopischer Refraction benutzt werden. Erst bei grösserer Anuäherung der Prüfungsobjecte werden daun die Iusufficienzerscheiuungen auftreten.

Begreiflicherweise ist die Insufficienz der inneren Augenmuskeln nicht ohue Rückwirkung auf die relativeu Accommodationsbreiten. Die abnorm gesteigerte Spannung der Interui bedingt associirte Anspannung der Accommodation. Da demnach die Einrichtung für den Ferupunkt uud den entferntesten Theil des Accommodatiousgebiets bei der mühsam zu erhaltenden Convergenz nicht möglich ist, das Auge sich vielmehr so zu sagen krampfhaft für eineu geringeren Abstand accommodirt, so müssen die Objecte entsprecheud näher genommen werden, und so werden wieder die Auforderungen an die Recti iuterui erhöht. Dieser Kreislauf der eiuander nachtheilig beeinflusseudeu Momente dieut ohne Zweifel dazu, die einmal vorhaudene muskulare Asthenopie schnell zu steigern. Er kann unterbrochen werden durch den in doppelter Hinsicht vortheilhaften Gebrauch von Concavgläseru, welcher gleichzeitig die Ansprüche an die Iuterni durch Verminderung der erforderlichen Convergenz mässigt uud die nachtheilige Folge zu starker Convergenz, den Accommodationskrampf. ausschliesst.

Eine Abhülfe der asthenopischen Beschwerden ist gegebeu durch den Ausschluss eines Auges von der Fixatiou. Das Verschliessen oder Verdecken eines Auges beseitigt mit einem Schlage die Schwierigkeiten, und wird daher oft instinctiv angewandt, um die Benutzung der Augen möglich zu machen. Das verdeckte Auge folgt sofort dem überwiegenden Muskelzuge der Recti interni, und stellt sich um ein Bedeutendes nach aussen. Gleiches kann

bei unverdecktem Auge geschehen, namentlich dann, wenn durch öfteres Schliessen eines Auges bereits die Gewohnheit, nur das Bild eines Auges zu benutzen, Platz gegriffen hat. Durch das unbewusste Ausweichen eines Auges wird zwar die Localisation der Sehobjecte gestört, aber selten kommt es dadurch zu wirklichem Doppeltsehen, da meist das Bild des abgelenkten Auges im Wettstreit der Sehfelder unterliegt.

Das Aufhören der binocularen Fixation erleichtert nicht nur die Function der Augenmuskeln, sondern befreit auch die Accommodation von dem auf ihr lastenden Zwange, und gestattet wieder die Einrichtung für den Fernpunkt.

Diese Vortheile begünstigen den constanten Eintritt der Schielabweichung eines, und zwar des schwächeren, oder in irgend einer Beziehung dem andern nachstehenden Auges nach aussen; es entsteht ein periodisches, d. h. nur beim Betrachten naher Objecte auftretendes Auswärtsschielen. Donders drückt dies kurz durch den Satz aus: »Myopie führt zu muskularer Asthenopie, welche durch passiv entstehenden Strabismus divergens umgangen wird.«

Von dem periodischen, oder wie Donders ihn nennt, relativen Strabismus divergens ist der Weg nicht weit zum Auswärtsschielen für alle Entfernungen, zum absoluten Strabismus divergens. Ist einmal das Streben nach binocularer Fixation für die Nähe besiegt, so ist es auch für angrenzende Abstände nicht mehr so schwer zu besiegen. Durch den Mangel an Uebung beim Nahesehen erleiden die Interni noch eine fernere Schwächung, die geeignet ist, das Terrain für die Schielabweichung zu erweitern. Der in vielen Fällen noch sehr mächtige Drang nach gemeinschaftlicher Fixation wird um so leichter überwunden, und die Ausbildung permanenter Ablenkung erfolgt um so leichter, wenn ein Auge aus irgend einem Grunde schwächer sieht als das andere, oder wenn die Refraction in beiden Augen ungleich ist, oder endlich wenn die Interni nicht bloss relativ, sondern auch absolut insufficient sind z. B. durch angeborne Anlage.

Das Verhältniss des divergirenden Schielens zum myopischen Refractionszustande ist ein sehr nahes. Relativer Strabismus divergens ist bei höheren Graden von Kurzsichtigkeit sehr häufig, bei den höchsten Graden fehlt er fast nie. An absolutem Strabismus

divergens leidet zwar kein grosser Bruchtheil der Kurzsichtigen, aber Kurzsichtigkeit ist bei Weitem die häufigste Ursache dieser Art des Schielens.

Aber auch zum Strabismus convergens *) steht die Myopie in ursächlichem Verhältniss, wenn auch freilich viel weniger häufig. Erst in neuester Zeit hat v. Graefe die kleine Gruppe dieser interessanten, und sehr wohl charakterisirten Fälle genauer analysirt. Es handelt sich um relatives Einwärtsschielen, d. h. solches, das beim Fernsehen auftritt, während für geringere Abstände binoculare Fixation besteht. Dieses Schielen entsteht nicht wie das hyperopische in den Kinderjahren, sondern in einer mittleren Lebensperiode, am häufigsten zwischen dem 15ten und 25ten Jahre, nur selten später. Es betrifft mehr die mittleren Grade von Myopie, und zwar solche, die nicht durch Concavbrillen corrigirt wurden, bei denen aber die Augen zu anhaltenden Arbeiten in der Nähe verwandt wurden. Die Entwickelung beginnt sehr allmählich und nicht selten mit Doppeltsehen, welches in nahe bei einander stehenden Bildern beim Fernsehen eintritt. Die Gelegenheitsursache für die Entwickelung bietet gewöhnlich eine längere Accommodationsanstrengung. »Wenn die Patienten nach einer »solchen sich auf die Strasse begeben, bemerken sie anfangs nur »temporär auftauchende Diplopie, welche zunächst auf grössere »Entfernungen sich äussert, deren Terrain sich dann allmählich »auch über mittlere Entfernungen ausbreitet.«

Die Entstehungsweise dieses Schielens ist augenscheinlich die, dass in Folge vorwaltender Beanspruchung der Interni diese in einen stärkeren Spannungsgrad gerathen, einen Theil ihrer Ausdehnungsfähigkeit einbüssen, und schliesslich sich dauernd verkürzen. Erst stellt sich nur eine Ablenkung für die grössten, dann auch allmählich für geringere Abstände heraus. Durch Concavgläser, welche das Sehen unter geringerer Convergenz möglich machen, so dass die Interni sich weniger zu verkürzen brauchen, und ihre Dehnbarkeit besser bewahren, kommt man der Entwickelung dieses

*) Dieser Strabismus convergens darf nicht mit dem (immer nur sehr unbedeutenden) scheinbaren Einwärtsschielen mancher Kurzsichtigen verwechselt werden, welches durch die Diesen eigenthümliche geringere Abweichung der Sehlinie von der Hornhautaxe verursacht wird (cf. pag. 77).

Strabismus in vielen Fällen zuvor und vermag ihn selbst zur Zeit der ersten Entstehung noch zu heilen.

Die Anforderungen, welche bei myopischem Refractionszustande an die seitlichen Bewegungskräfte des Auges gestellt werden, sind in Summa grösser als bei normaler Refraction. Für die Ferne werden in beiden Fällen gleiche Ansprüche gemacht, der Parallelismus der Sehlinien soll mit Leichtigkeit erfolgen, aber für die Nähe wird bei Myopie viel mehr verlangt: Eine starke Convergenz soll leicht und dauernd erhalten werden. Daraus gehen die mancherlei Bewegungsstörungen hervor, welche so häufig mit Kurzsichtigkeit verbunden sind.

Um den vermehrten Anforderungen gewachsen zu sein, müssten die Recti interni des kurzsichtigen Auges an Excursionsfähigkeit zunehmen, ohne an Dehnbarkeit zu verlieren; die Recti externi müssten vor Allem verlängerungsfähiger werden, damit sie bei starker Convergenzstellung den Internis keinen zu grossen Widerstand entgegensetzen, sie dürften aber von ihrer Verkürzungsfähigkeit nichts einbüssen, weil sonst die Parallelstellung der Augen unmöglich werden würde. Für diese Postulate kann ein blosser Zuwachs an Kraft nicht genügen. Was der eine Muskel gewänne, würde der andere verlieren. Einseitige Kraftsteigerung würde den Widerstand gegen die Thätigkeit des Antagonisten vermehren, beiderseitige Kraftsteigerung würde sich aufheben und das Verhältniss ungeändert lassen. Es müsste, wenn ein Vortheil entstehen sollte, erhöhte Verkürzungsfähigkeit mit erhöhter Verlängerungsfähigkeit verbunden sein. Da dies aber eine entweder gar nicht, oder doch nur in sehr geringem Maasse realisirbare Forderung ist, so werden gewisse Uebelstände dem Bewegungsapparat des in höherem Grade kurzsichtigen Auges unter allen Umständen anhaften müssen.

Obigen Bedingungen wird aber bis zu einem gewissen Grade genügt werden können durch eine Aenderung in den Muskellängen. Wenn die Interni etwas kürzer, die Externi etwas länger sind als unter normalen Verhältnissen, dann wird der gesammte seitliche Beweglichkeitsbogen nach innen verschoben, die mittlere Ruhestellung der Augen wird etwas convergenter sein als bei normalen Augen, aber die starken Convergenzstellungen werden sich leichter erreichen lassen, und die etwaigen Mängel nur bei geringster Convergenz resp. bei der Parallelstellung hervortreten. Das Vermögen, die Augen noch über den Parallelismus hinaus nach aussen zu wenden, die Schaxen divergent zu machen, welches normale Augen in einigem Grade besitzen (entsprechend einem Prisma von 5—10°), würde freilich verloren gehen, die Parallelstellung würde nur mit Anstrengung zu erreichen sein,

da sie das Maximum der Contraction der Externi verlangen würde. Aber diese Nachtheile würden unerheblich sein gegen den für die Nähe gewonnenen Vortheil. Die absolute Divergenzstellung ist für das Sehen ohne Werth, und was die Parallelstellung und die schwächsten Convergenzgrade anbetrifft, so ist schon für den Normalsichtigen kein dauerndes Einhalten derselben erforderlich, viel weniger für den Kurzsichtigen, der ohne optische Hülfsmittel kein deutliches Bild von fernen Objecten erhält.

Eine Modification der Muskellängen ist nun nicht allein auf operativem Wege möglich, sie kann auch auf dem Wege natürlicher Entwickelung erfolgen. Wenn die Myopie sich in früher Jugend ausbildet, in der Periode des Wachsthums, wenn sie langsam und allmählich zunimmt, so kann die Stärke und Länge der inneren und äusseren geraden Augenmuskeln sich den Erfordernissen noch vollständig anbequemen. In der That sehen wir bei niederen und mittleren Graden frühzeitig entstandener Myopie die Muskelthätigkeit nach beiden Richtungen stark entwickelt. Bedeutende Convergenzgrade werden ohne Mühe dauernd erhalten, auch die Parallelstellung der Sehlinien bietet keine Schwierigkeit, selbst einige Divergenz ist möglich. Die gleichmässige Uebung der Nahe- und Fernstellungen im jugendlichen Alter scheint hier die harmonische Entwickeluug der äusseren und inneren geraden Augenmuskeln mit geringer, oft kaum merklicher Beeinträchtigung der ersteren zu bewirken, vielleicht indessen nicht ohne den Nachtheil, dass der fast nothwendigerweise erhöhte Muskeldruck die Weiterentwickelung der Formveränderung des Bulbus und der Myopie fördert.

Je höher nun der Grad der Myopie ist, um so unvollständiger wird selbst im günstigsten Falle die beschriebene Compensation ausfallen, um so weniger werden Störungen in der Augenstellung und Bewegung ausbleiben können. Entweder der Parallelismus der Sehlinien ist erhalten, aber die Augen können nicht genügend convergent gestellt werden, es entsteht beim Nahesehen Abweichung eines Auges nach aussen, relativer Strabismus divergens, Insufficienz der Recti interni. Oder die Augen können zwar in starker Convergenz erhalten werden, aber die Parallelstellung ist nicht mehr möglich, es entsteht beim Fernsehen Abweichung nach innen, relativer Strabismus convergens, Insufficienz der Recti externi. Ja bei sehr hohen Graden von Kurzsichtigkeit, oder bei sehr schwacher Ausbildung der Muskelthätigkeit kann beides vereinigt sein, die der Myopie entsprechende Convergenz kann nicht mehr geleistet werden, aber ebensowenig die Parallelrichtung, beide Schielabweichungen wechseln mit einander ab, die convergirende beim Fernsehen, die divergirende beim Nahesehen, und binoculare

Fixation besteht nur für ein mittleres Bereich. Ob das Eine oder das Andere, oder, viel seltener, der dritte Fall eintritt, hängt offenbar von dem Verhältniss der Muskellängen, von der Lage des Beweglichkeitsbogens ab.

Mit normalen Muskellängen, wie sie dem Bedürfniss des emmetropischen Auges entsprechen, wird bei hochgradiger Myopie allemal relativer Strabismus divergens verbunden sein. Derselbe wird auch nicht fehlen, wenn die Veränderung der Muskellängen im Vergleich zu dem Grade der Refractionszunahme zu gering ist. Letzteres ist bei Weitem der häufigste Fall, weil in der Mehrzahl der Fälle nach dem Lebensalter, in welchem das Wachsthum abgeschlossen, und eine spontane Modification in der Muskelentwickelung nicht mehr möglich ist, die Myopie noch eine oft beträchtliche Steigerung erfährt.

Viel seltener treffen die Bedingungen zur Entstehung von convergireudem Strabismus zusammen. Dazu gehört vor Allem ein mittleres Lebensalter, wo der vielgeübte Muskel zwar noch an Kraft und Umfang zunimmt, wo aber die bildende Thätigkeit nicht mehr so lebendig ist, dass sich ganz geeignete Verhältnisse herstellen könnten, wo die Verkürzungsfähigkeit des Muskels auf Kosten seiner Elasticität und Dehnbarkeit wächst, daher der Antagonist in Nachtheil geräth. Der Externus bleibt dann dem hypertrophirten und gespannten Internus gegenüber zu schwach, da er wenig geübt wird. Er wird länger, aber nicht durch Wachsthum, Stoffansatz an die Muskelfasern, sondern passiv durch Dehnung, und muss dadurch noch mehr an Wirkungsfähigkeit einbüssen. Und der Mangel genügender antagonistischer Thätigkeit macht wieder, dass dem Internus seine Dehnbarkeit verloren geht, und so dem Exteruus die Wirkung erschwert wird.

Mancherlei Sehstörungen sind nun noch zu erwähnen, welche der Myopie zwar nicht nothwendig zukommen, welche aber, als mit den anatomischen Grundlagen der Refractionsstörung enge verknüpft, bei einem grossen Theil der Kurzsichtigen, theils permanent, theils periodenweise auftreten.

Stärkere, länger dauernde Anstrengung der Augen wird in vielen Fällen schlecht vertragen. Bei selbst nur mässiger Anspannung der Accommodation werden die Augen bald gereizt, röthen sich, thränen, werden lichtscheu, gespannt und schmerzhaft; die

Arbeit kann nicht lange fortgesetzt, muss öfter unterbrochen werden. Durch Hinzutritt zufälliger, Hyperämie veranlassender Ursachen, durch catarrhalische Affection z. B. beim Schnupfen, durch Weinen, nach durchwachter Nacht wird das Arbeiten bisweilen fast zur Unmöglichkeit. Zuweilen findet man dabei die Augen auch objectiv härter und gespannter als normal, selbst gegen Druck empfindlich; vermuthlich im Zusammenhange mit einem gewissen krampfhaften Zustande der Accommodation (Junge).

Solche Reizungssymptome treten periodisch stärker auf, sie sind am häufigsten in der Jugend und bei stark progressiver Myopie. Ophthalmoskopisch lässt sich dabei meistens Congestion der Choroidea und Retina nachweisen. Häufig ist damit stärkere Herabsetzung der Sehschärfe verbunden, welche dann zu einem Theile in der Irritation der Retina beruht, und durch eine passende Behandlung mit dieser zugleich beseitigt werden kann.

Ein weniger häufiges, sehr unangenehmes Symptom der Netzhautreizung sind ferner Photopsieen, subjective Lichterscheinungen, welche bisweilen durch ihr unausgesetztes Andauern, sowohl bei Tage als noch mehr bei Nacht, die Kranken oft sehr belästigen und beunruhigen. Das Sehvermögen, oft stark vermindert, kann dabei jedoch ein ganz erträgliches sein.

Hieher gehören auch die sehr lästigen und peinlichen Mouches volantes, zuweilen feste, aber meistens bewegliche Schatten im Gesichtsfelde, einzeln oder zahlreich, hell und durchsichtig oder dunkel und schwarz, kleine Pünktchen oder grössere Flecken, zuweilen wie fliegende Insekten gestaltet — daher der Name —. Es ist bekannt, dass auch die normalsten Augen solche von mikroskopisch kleinen Opacitäten im Glaskörper herrührende Erscheinungen haben; dieselben pflegen aber nur unter besonderen Umständen (z. B. beim Sehen auf eine gleichmässig beleuchtete Fläche, und wenn annähernd paralleles Licht Schatten auf die Netzhaut wirft) sichtbar zu werden, und geniren das Sehen durchaus nicht. Bei Kurzsichtigen dagegen begegnet man der Klage darüber überaus häufig, weil verschiedene Umstände zusammenkommen, welche diese Erscheinungen besonders lästig machen, theils optische, theils physiologische, theils auch psychische. Die Zahl der Opacitäten im Glaskörper ist bei Myopie vermehrt, da

dessen Ernährung oft gestört ist, die Beweglichkeit ist erhöht wegen der mindern Consistenz; grössere Trübungen und Flocken sind ja so häufig auch objectiv mit dem Augenspiegel zu entdecken, während die gewöhnlichen, die Mouches volantes verursachenden Trübungen viel zu klein sind, um ophthalmoskopisch sichtbar zu sein. Die Opacitäten können um so leichter ihre Schatten auf die Netzhaut werfen, da sie derselben meist sehr nahe liegen. Dazu kommt, dass die Empfindlichkeit der Netzhaut oft krankhaft gesteigert ist, dass auch die Aufmerksamkeit diesen Erscheinungen unaufhörlich zugewandt wird, und es ist begreiflich, wenn die hartnäckigen Begleiter ihren Besitzern viele, wenn auch oft ganz unnöthige Sorge machen; denn eine üble Bedeutung haben diese Mouches volantes an sich durchaus nicht.

Die Sehkraft ist ausser durch die vorübergehende Netzhautreizung noch in viel ernsterer Weise gefährdet durch die Processe, welche in der Choroidea vor sich gehen, und leicht die Netzhaut in Mitleidenschaft ziehen. Sowohl das centrale als das excentrische Sehen leidet durch dieselben. Während schon die allgemeine Dehnung in der oben erwähnten Weise die Netzhautfunction beeinträchtigt, indem die Elemente der Stäbchenschicht auseinandergezerrt werden, wirken die localen Veränderungen in der Choroidea noch besonders nachtheilig.

Wo die umschriebene Ectasirung vor sich geht, wo in der Choroidea Pigmentmaceration, wo Exsudation oder Ecchymosirung erfolgt, da erleidet die zunächst anliegende Stäbchenschicht oft Veränderungen, welche die Function einzelner Netzhautbezirke aufheben. Da gerade in der Gegend der Macula lutea solche Vorgänge vorzugsweise häufig sind, wird das directe Sehen oft unverhältnissmässig stark betroffen. Schon bei diffuser Choroidealatrophie, welche sich bis in die Gegend des gelben Fleckes erstreckt, wird das Sehen meist stärker herabgesetzt, viel mehr noch durch die dort localisirten Processe. Zuerst bedeckt ein Nebel die fixirten Objecte, der allmählich dichter wird, bis er das centrale Sehen ganz aufhebt. Während das indirecte Sehen erhalten ist, ruht ein undurchdringlicher Schleier oder Schatten auf dem fixirten Gegenstande (centrales Scotom). Excentrische Fixation und sehr geringe Sehschärfe ist die nothwendige Folge. Vor Eintritt

dieser Erscheinung wird öfters Verzerrtsehen (Metamorphopsie) z. B. Gekrümmterscheinen einer geraden Linie, beobachtet, das sich bisweilen, wenn es sich um eine lediglich die Fovea centralis betreffende Abnormität handelt, nur auf eine sehr kleine Stelle am Fixirpunkt beschränkt. Wechsel der Form und der Contouren bei kleinen Aenderungen des Fixirpunktes hat dann ein eigenthümliches Flimmern zur Folge, welches das Sehen stark beeinträchtigt.

Die nämlichen Störungen betreffen das excentrische Sehen. Auch hier findet man bei genauer Musterung des Sehfeldes nicht selten grössere oder kleinere inselartige Flecken, in denen die Lichtempfindung erloschen oder stark vermindert ist. Die kleinen Defecte machen sich bemerkenswerther Weise nicht als schwarze Flecken im Sehfelde geltend, sondern nur als Lücken ohne alle Wahrnehmung, höchstens als graue Flecken, daher ihre Existenz nur durch genaue Untersuchung constatirt wird.

Eine bei stark Kurzsichtigen sehr gewöhnliche Anomalie ist die bereits vor längerer Zeit von v. Graefe bemerkte Vergrösserung des sog. Mariotte'schen blinden Fleckens, gewöhnlich in der Richtung nach der Macula lutea hin. Dieselbe entspricht jenen sichelförmigen, atrophischen, oft aber nicht immer ectatischen Choroidealpartieen, welche an den Sehnerveneintritt grenzen, über denen dann auch die Netzhaut stark degenerirt ist. Doch ist die Vergrösserung des blinden Fleckes in der Regel kleiner, als die der pathologisch alterirten Figur; auch pflegt der accessorische Theil nicht vollkommen blind zu sein, sondern nur stark verminderte Lichtempfindung zu haben.

Uebrigens ist die Function der Retina an Stellen, wo die Choroidea gänzlich atrophisch ist, zuweilen fast vollkommen erhalten; es kommt ganz darauf an, ob die Stäbchenschicht durch die Processe in der Choroidea in Mitleidenschaft gezogen ist oder nicht.

Die Leitung in den über die afficirten empfindungslosen Netzhautstellen hinfortziehenden Nervenfasern ist gewöhnlich nicht unterbrochen, da nur die tieferen Netzhautschichten entartet zu sein pflegen. Doch kommt auch das Gegentheil vor.

So entsinne ich mich eines Falles, wo in einem kurzsichtigen Auge ungewöhnlicher Weise eine atrophische Stelle an der innern

Seite des Sehnerven sich befand, und wo genau dem entsprechend in der äussern Hälfte des Gesichtsfeldes ein dreieckiger Sector fehlte, dessen Spitze der Mariotte'sche Fleck bildete. Alle Sehnervenfasern, welche die erkrankte Stelle passirten, waren leitungsunfähig geworden.

Umfänglichere Gesichtsfelddefecte werden bei den hohen Graden von Myopie veranlasst durch Netzhautablösung, durch Blutergüsse, durch Glaukom; Zustände, welche im weiteren Verfolg gar nicht selten zu vollständiger Erblindung führen. Diese sekundären Vorkommnisse brauchen hier jedoch nicht näher erörtert zu werden.

§ 7. Verlauf und Ausgänge der Kurzsichtigkeit.

Die Ausdehnung der hinteren Bulbuswand, sowohl die allgemeine, gleichmässige, als die umschriebene, staphylomartige, trägt in sich die Bedingungen der Progressivität, da die Verdünnung der Wand auch eine Verminderung der Widerstandsfähigkeit zur Folge hat. Dauert der intraoculare Druck in gleicher Höhe fort, so muss die Formveränderung des Bulbus und mit ihr die Myopie nothwendig stetig zunehmen. Ein Stillstand kann nur erfolgen, wenn der Druck im Auge sich mindert, oder wenn die Resistenz der ausgedehnten Wand wieder wächst.

In der That ist die Kurzsichtigkeit nicht selten das ganze Leben hindurch progressiv, und namentlich für die hohen Grade ist dies fast die Regel. Der Fortschritt geschieht bald langsamer, bald schneller, in einem Theil der Fälle gleichmässig und continuirlich, in anderen Fällen mehr sprungweise, so dass auf eine Periode völligen oder fast völligen Stillstandes eine Periode schnelleren Fortschreitens folgt. Gewisse Lebensperioden zeichnen sich besonders durch die Tendenz zu schnellerer Entwickelung der Myopie aus, die Kinderjahre zwischen dem fünften und zehnten Jahre, wo die ersten Folgen anhaltender Beschäftigung mit nahen Objecten hervortreten, sodann die Zeit der Pubertät und bis in die zwanziger Jahre hinein. Namentlich das letztere Lebensalter ist es, in welchem, wenn die Beschäftigung irgend dazu disponirt, fast constant ein schnelleres Fortschreiten, meist unter Irritationserscheinungen erfolgt.

Bei den höheren Graden, insbesondere den rasch progressiven Fällen können mancherlei sekundäre Anomalieen hinzutreten, welche

einen sehr gefahrdrohenden Charakter annehmen, und selbst alles Sehvermögen vernichten können. Der Hinblick auf solche Fälle muss auch den geringen Graden Bedeutung geben, und rechtfertigt Donders' Ausspruch, das myopische Auge sei ein krankes Auge, die Myopie mehr als eine einfache Anomalie der Refraction.

Die mit vorrückendem Lebensalter fortschreitende Abnahme der Accommodation und deren Einfluss auf das Sehen ist oben (§ 6.) bereits berücksichtigt worden, ebenso das öftere Hinzutreten von Bewegungsstörungen.

Es kann aber auch, namentlich in reiferen Jahren, die Form des Bulbus und damit der Grad der Myopie Jahre lang oder für immer stationär bleiben, was indessen überhaupt selten, und bei hohen Graden des Leidens noch viel seltener ist, als bei niederen. Ophthalmoskopisch giebt sich das zu erkennen, durch scharfe Abgrenzung der atrophischen Partieen, regelmässigeres Arrangement des Pigments, Abwesenheit von Hyperämie. Damit ist verbunden Fehlen von Schmerzen und Reizerscheinungen, bessere Sehschärfe und vollkommnere Correction durch Concavgläser.

Die Ursache des Stationärwerdens muss in vielen Fällen in Abnahme der Spannung der Augenmembranen gesucht werden, theils durch Meidung anhaltender Accommodation für die Nähe, theils auch dadurch, dass nach Vergrösserung des Augenraums, und bei gleichen Secretionsmengen der Druck im Auge geringer wird. In anderen Fällen mag Zunahme der Resistenz der Sklerotica in dem Alter, wo gewisse Gewebsbestandtheile derber und rigider werden, Ursache sein, dass der Formveränderung des Bulbus Einhalt geschieht. Es ist indessen wahrscheinlich, dass zuweilen das Wachsen des Widerstandes der Bulbuswand bei Gleichbleiben oder Steigen des intraocularen Druckes zu schlimmen Folgen führt, nämlich zu Excavation des eine mindere Resistenz bietenden Sehnerven, und somit zur Ausbildung von Glaukom.

Eine wirkliche Abnahme der Myopie wird nur in sehr geringem Maasse in höherem Alter, und auch dann im Ganzen nur selten beobachtet, bei niederen Graden etwas häufiger, bei höheren fast niemals. Da ein Rückgängigwerden der Formveränderung des Bulbus kaum denkbar ist, hängt die Abnahme der Refraction, welche der senilen Hyperopie des früher emmetropisch gewesenen Auges analog ist, wohl nur von den Altersveränderungen

der Linse ab (cf. pag. 66). Diese bleibt zwar auch bei den höheren Graden von Myopie nicht aus, wird aber hier durch die Weiterentwickelung der Formveränderung des Bulbus ausgeglichen oder übertroffen.

Einige Besserung des Sehens für die Ferne im Alter erklärt sich übrigens auch durch die mit den Jahren erfolgende Verkleinerung der Pupille.

Die sekundären Erkrankungen, welche die hohen Grade von Myopie so häufig hervorrufen, können hier nur im Vorbeigehen berührt werden. Es wurde bereits erwähnt, dass die schlimmeren Formen von Sclerectasie durch schneller fortschreitende Aderhaut-Atrophie eingeleitet werden. Vergrösserung des ursprünglichen Heerdes am Sehnervenrande, Bildung neuer isolirter Heerde umschriebener Atrophie, wovon die gefährlichsten in der Gegend des gelben Fleckes, Confluiren der anfänglich getrennten kleineren Heerde zu grösseren, Hinzutritt diffuser Atrophie mit ausgebreiteten Pigmentveränderungen in einem grossen Theil des Augengrundes, entzündliche Processe in der Choroidea führen allmählich auch zu Veränderungen anderer Theile. Die Netzhaut, anfangs nur hyperämisch, erleidet nun auch entzündliche Störungen, Trübungen durch Exsudation, Verwachsung, Atrophie, Pigmentinfiltration.

Ein relativ häufiges Folgeleiden ist Ablösung der Netzhaut, zu welcher schon die Dehnung dieser Membran durch die Verlängerung des Bulbus disponirt. Hämorrhagie, Exsudation von der Choroidea aus, Schrumpfung des Glaskörpers sind die weiteren Ursachen.

Der Glaskörper erkrankt in mannichfaltiger Weise, theils durch langsam eintretende Ernährungsstörungen, theils durch Blutergüsse und Exsudationen von der Choroidea her. Partielle Verflüssigung, besonders der hintern Theile, und umschriebene Opacitäten sind von geringerer Bedeutung, während totale Synchysis und die zuweilen sehr plötzlich eintretende, fast immer die Netzhautablösung verkündende diffuse Trübung viel schlimmer sind. Das hochgradige Glaskörperleiden stört auch die Ernährung der Linse, und befördert die Bildung von Cataract.

Alle diese Processe laufen nicht gar selten auf völlige Erblindung durch Iriodochorioiditis und Phthisis bulbi hinaus. Durch Hinzutreten ähnlicher ectatischer Veränderungen im vorderen Bul-

busabschnitt kann die Ausbildung von Hydrophthalmos, allgemeine Ausdehnung des ganzen Augapfels erfolgen.

Ein seltener Ausgang, zu dem die Myopie Gelegenheit geben kann, sei hier noch kurz angedeutet, der Uebergang in Glaukom. Bei höherem Grade von Myopie, die sonst keinen bedenklichen Charakter zeigt, zuweilen ganz stationär ist, werden unter Abnahme der Sehschärfe die Augen etwas härter und gespannter. Unter wenig auffälligen Erscheinungen gesteigerten Druckes nimmt die Amblyopie zu, und das Gesichtsfeld wird von der Innenseite her eingeengt. Als Grund dessen findet man den Sehnerven excavirt. Ohne die frühzeitige Intervention einer energischen druckvermindernden Therapie führt der Process in unaufhaltsamer Entwickelung zur vollen Erblindung. Mindere Nachgiebigkeit der Sklera scheint der Grund zu sein, dass die Vermehrung des intraocularen Drucks nicht weitere ectatische Formveränderung des Bulbus und Fortschritt der Myopie bewirkt, sondern durch Excavation des Sehnerven die Leitung in den Nervenfasern aufhebt.

§ 8. Zur Diagnose der Kurzsichtigkeit.

Die Myopie kann zuweilen mit andern Zuständen verwechselt werden:

1) Mit dem Amblyopischen hat der Myopische gemein, dass Beide alle feineren Objecte dem Auge stark nähern, der Letztere seines Refractionszustandes wegen, der Erstere um möglichst grosse Netzhautbilder zu bekommen. Der Unterschied liegt darin, dass der Amblyopische in der Nähe doch nur gröbere Objecte erkennt, nicht solche wie sie der normalen Sehschärfe entsprechen; dass ferner der Amblyopische nicht wie der Kurzsichtige mit Concavgläsern in der Ferne scharf sieht.

Wenn Myopie mit Amblyopie complicirt ist, so ist es nicht immer möglich, genau den Refractionszustand zu bestimmen, namentlich wenn die ophthalmoskopische Untersuchung durch Trübung der Medien erschwert wird. Concavgläser bewirken bei amblyopischer Myopie eine unvollkommene Correction, um so mehr, da sie die Netzhautbilder verkleinern; die Sehweite wird zwar etwas vermehrt, aber doch nur gröbere Objecte erkannt.

2) Bei hohen Graden von Hyperopie kommt es vor, dass

wie bei myopischer Amblyopie feinere Objecte in der Nähe besser erkannt werden, freilich ohne die normale Schärfe (cf. pag. 56). Der Unterschied wird dadurch gegeben, dass der Hyperop mit Concavgläsern schlechter, mit Convexgläsern besser sieht.

3) Eine scheinbare Myopie kann ferner durch spastische Accommodationsbeschränkung im emmetropischen oder hyperopischen Auge bewirkt werden, indem durch die Unmöglichkeit voller willkürlicher Erschlaffung des Accommodationsmuskels der Fernpunkt dem Auge näher gerückt wird. Das Auge verhält sich ganz ähnlich, wie ein myopisches, und nur durch längere völlige Ruhe, oder durch energische Anwendung des Mydriaticums kann der wahre Fernpunkt ermittelt werden. Die geringe Accommodationsbreite, etwaige plötzliche Entstehung des Zustandes, oft begleitende Myosis machen auf die wahre Natur des Leidens aufmerksam.

4) Bei gewissen Trübungen der Hornhaut kann es geschehen, dass Concavgläser das Sehen bessern, ohne dass Myopie vorhanden ist. Durch die Accommodationsanstrengung, welche das Concavglas nöthig macht, verengert sich die Pupille, und kann dadurch dem nachtheiligen Einfluss des von der Hornhauttrübung zerstreuten Lichtes ganz oder theilweise entzogen werden. Bei einer gewissen seitlichen Lage der Trübung kann dann wesentliche Besserung des Sehens erfolgen (Donders).

Es kann ferner vorhandene Myopie verkannt werden:

1) Bei Complication mit Amblyopie, wo die der Myopie entsprechenden Concavgläser das Sehen wegen der Verkleinerung der Netzhautbilder eher schlechter als besser machen.

2) Bei sehr enger Pupille, welche wegen der Kleinheit der Zerstreuungskreise ein gutes Sehen in der Ferne gestattet.

Der Augenspiegel ist in manchen Fällen unentbehrlich für die Diagnose des myopischen Refractionszustandes, so namentlich wenn das Auge stark amblyopisch oder gar vollkommen erblindet ist, wenn ferner der Refractionszustand für das excentrische Sehen zu ermitteln ist, wenn es sich um Kinder, oder sehr ungebildete, insbesondere des Lesens unkundige Personen handelt, endlich wenn über Simulation oder Dissimulation zu urtheilen ist.

§ 9. Aetiologie der Kurzsichtigkeit.

Die Ursache der Kurzsichtigkeit liegt in der bei Weitem grössten Mehrzahl der Fälle, und fast ausnahmslos in den reineren Formen in Verlängerung der Sehaxe. Ein abnormes Verhalten in der Brennweite der brechenden Medien, welches früher allgemein für den Grund aller Myopie gehalten wurde, ist nur ausnahmsweise und dann meistens bei den unregelmässigen Formen als Grund zu erweisen.

Vermehrte Hornhautkrümmung muss myopischen Refractionszustand veranlassen. Bei der gewöhnlichen Myopie aber und gerade bei den höchsten Graden ist wegen der Ausdehnung des Bulbus die Hornhaut, verglichen mit der Hornhaut des emmetropischen Auges, eher flacher als convexer. Pathologische Convexitätszunahme kommt allerdings oft nach Erkrankungen der Cornea vor, doch ist die Krümmung dann selbst bei der sog. sphärischen Keratectasie meistens ziemlich unregelmässig. In sehr hohem Grade ist dies der Fall bei kegelförmiger Vorwölbung, Keratoconus, wo oft die extremsten Grade von Myopie mit ganz unregelmässiger Brechung verbunden sind (cf. unter unregelmässigem Astigmatismus).

Vermehrte Convexität der Linse ist nach Jaegers Untersuchungen die Ursache der Myopie im frühesten Lebensalter. Gleich nach der Geburt wird die Linse bei geringerem Umfange schon von fast derselben Dicke gefunden wie im Auge des Erwachsenen, hat demnach stärkere Krümmungen, welche mit dem Wachsthum des Auges sich rasch vermindern (cf. pag. 8).

Bei Erwachsenen ist das Vorkommen abnormer Convexität der Linse vielfach behauptet, aber nicht nachgewiesen worden. Die Existenz einer hierauf beruhenden Form von Myopie, welche Stellwag und Ed. v. Jaeger unter dem Namen Plesiopie, Nahsichtigkeit abtrennen, kann nicht zugestanden werden, so lange zweifellose Nachweise und Messungen fehlen. Anhaltender Accommodationsspasmus kann zwar die Linse in convexerem Zustande, als der Norm entspricht, erhalten, allein das ist eben nur eine Accommodations-, keine Refractionsstörung, keine Myopie nach der oben gegebenen Definition. Durch Atropin wird der Krampf aufgehoben, und der dem Bau des Auges entsprechende Refractionszustand hergestellt.

Von hohem physiologischem Interesse ist es, dass einige Fälle beobachtet sind *), wo partielle Zerreissung der Zonula Zinnii Myopie verursachte. Dadurch wird Helmholtz' Hypothese bestätigt, dass im Zustande accommodativer Ruhe die Linse durch die Spannung der Zonula flach erhalten wird, und dass nach Aufhebung dieser Spannung die Linse durch ihre Elasticität eine convexere Gestalt annimmt.

Auch Vorrücken des Linsensystems gegen die Cornea hin, und Veränderungen in den Brechungscoefficienten der verschiedenen Medien können Myopie verursachen, doch sind das Ursachen von ganz untergeordneter Bedeutung.

Formveränderungen des Bulbus, welche mit Verlängerung der Sehaxe verbunden sind, können verschiedene Gründe haben. Einmal gehören dahin Vorwölbungen der Cornea, welche wegen der damit verbundenen Krümmungsänderung bereits besprochen sind. Sodann ist anzuführen, dass in Folge von Entzündungen der Chorioidea und demnächst auch der Sklerotica, Ausbuchtungen der Bulbuswand entstehen, sog. Staphylomata sclerotica et chorioideae, welche ihren Sitz theils vorn in der Nachbarschaft der Cornea, theils in der Aequatorialgegend, zwischen den Augenmuskeln, theils im hinteren Abschnitt des Bulbus haben. Auch giebt es Entzündungsformen, welche die ganze Choroidea betreffen und gleichmässige Ausdehnung des ganzen Bulbus zur Folge haben, Hydrophthalmos, Buphthalmos. In allen diesen Fällen ist mit der Verlängerung der Sehaxe auch myopischer Refractionszustand verbunden. Die bei Weitem häufigste Ursache ist jedoch die Ausdehnung der hinteren Bulbushälfte, zugleich mit mehr oder weniger entwickeltem Staphyloma posticum, die Form deren ophthalmoskopischer und anatomischer Befund im Vorhergehenden (§ 4 und 5.) genauer beschrieben wurde. Welches sind nun die Ursachen dieser Affection?

Es kann nicht zweifelhaft sein, dass eine Verminderung der Resistenz der Bulbuswand der Grund der Ausdehnung derselben ist. Eine Steigerung des intraocularen Druckes bei normaler Resistenz der Augenwand bewirkt ganz andere Erscheinungen,

*) Donders Anomalies of accommodation cet. pag. 369.

nämlich die des Glaukoms, indem der Sehnerv als der schwächste Theil der Augenwand dem abnormen Drucke nachgiebt und ausgebuchtet wird. Die Resistenzverminderung scheint in der Mehrzahl der Fälle als angeboren betrachtet werden zu müssen; vermuthlich ist eine dünnere und weniger derbe Beschaffenheit der Sclerotica die Ursache. Zartere Constitutionen bilden überhaupt den günstigsten Boden für die Entwickelung der Kurzsichtigkeit.

Gelegenheitsursache zur Ausbildung der myopischen Formveränderung des Bulbus bildet vor Allem die öftere starke und anhaltende Accommodation für die Nähe. Diese kann nicht die alleinige und Hauptursache der Myopie sein, denn gerade die Fälle, in denen die Accommodation am stärksten und dauerndsten angestrengt wird, Fälle von bedeutender Hyperopie scheinen von der Neigung zur Ectasie der hinteren Bulbushälfte bis auf ganz seltene Ausnahmen frei zu sein. Trifft jedoch die abnorme Accommodationsspannung mit geringer Resistenz der Membranen zusammen, so erfolgt ein allmähliches Nachgeben der letzteren. Der vergrösserte Augenraum füllt sich durch Massenzunahme des Glaskörpers, die dann wieder dazu dient, die Ectasie zu unterhalten. In manchen Fällen (z. B. Hydrophthalmos durch hypersecretorische Chorioiditis) mag auch eine vermehrte Absonderung vom Glaskörper das Primäre, die Ausdehnung der Membranen Bedingende sein. Je nach Beschaffenheit der Membranen und nach dem mehr oder weniger raschen Gange des Leidens wird eine allgemeine oder circumscripte Ectasirung, oder Beides vereinigt stattfinden. Entzündliche Processe vermindern die Widerstandsfähigkeit und befördern die Ausbuchtung der Membranen, sie können sowohl Ursache als Folge der Ausbuchtung sein.

Man hat viel darüber gestritten, in welchem Verhältniss die entzündlichen Vorgänge zur Formveränderung des Bulbus und zur Myopie stehen. Die Einen (v. Graefe, H. Müller) haben sie als Ursache, die Andern (Stellwag, Jaeger, Schweigger) als Folge oder zufällige Complication aufgefasst. Vielleicht ist Beides richtig, und die Fälle nicht alle über einen Leisten zu schlagen. Jedenfalls giebt es eine Atrophie durch Entzündung, und eine solche ohne Entzündung. Dass Reizungszustände für die fortschreitende Entwickelung der Ectasie von grösster Bedeutung sind, kann nicht geläugnet werden; gewiss stehen me-

chanische Dehnung und Irritation mit einander in engster Wechselwirkung, und die Benennung Sclerotico-chorioideitis posterior ist daher wohl begründet. Ob aber bei der ersten Formveränderung der Druck zuerst Reizung oder zuerst Formveränderung bewirkt hat, dürfte sehr schwer zu entscheiden sein. Weder die klinische Beobachtung, noch die anatomischen Befunde geben einen ganz sicheren Ausschlag. Die Vermuthung dürfte, so lange das Gegentheil nicht bewiesen ist, mehr für das Letztere sprechen.

Der constante Sitz der ersten Veränderungen im Augengrunde an der Aussenseite der Papille ist ohne Zweifel in anatomischen Verhältnissen begründet.

Schweigger erklärt ihn dadurch, dass an dieser Stelle die Choroidea sich am wenigsten durch Verschiebung der Dehnung entziehen könne, weil sie untrennbar mit der Sclera und selbst mit der Lamina cribrosa des Sehnerven verwachsen sei, auch meint er der Zerrung, welche jene Stelle bei allen starken Convergenzbewegungen durch den Sehnervenstamm erfährt, Wichtigkeit beilegen zu müssen. Donders nimmt an, die atrophische Sichel entstehe dadurch, dass die Sclera in der Nachbarschaft des Opticus dehnbarer sei, und dass zugleich mit ihr die Bindegewebsscheide des letzteren gedehnt und von dem Nerven gelöst werde. Den Grund aber dafür, dass dies gewöhnlich zuerst oder allein an der Aussenseite der Papille geschehe, sucht Donders in dem innigeren Zusammenhange der Choroidea mit der Sclera in der Gegend des gelben Fleckes, dadurch werde die Spannung in der Richtung nach dem letzteren erhöht.

Die hinteren Scleralectasieen oder die Anlage dazu mit der im Fötalleben bestehenden Protuberantia scleroticalis posterior in Verbindung zu bringen, wie Stellwag und Jaeger thun, scheint mir nicht genügend begründet. Dass man wenigstens nicht gleichzeitig jene und das angeborne Iris- und Choroidealcolobom durch die Scleralprotuberanz erklären darf, scheint mir aus einem von mir beobachteten und beschriebenen*) Fall hervorzugehen, wo ich beides an demselben Auge fand, einen nach unten vom Sehnerv liegenden grossen Chorioidealdefect, und aussen vom Sehnerv die gewöhnliche atrophische Sichel. Eine von beiden Richtungen kann aber doch nur dem fötalen Spalt entsprechen, und sicherlich hat der Zusammenhang des Coloboms mit demselben die bei Weitem besseren Gründe für sich.

---

*) Archiv f. Ophth. VI. 1. pag. 170. Fall No. 2.

Ueber das Vorkommen der von Sehaxenverlängerung abhängigen Myopie ist noch Folgendes zu bemerken:

In der Regel ist die Disposition angeboren und oft erblich. Die Ausbildung der Myopie fällt fast stets in das jugendliche Alter und besonders in die Zeit der Pubertät. In späteren Jahren wird höchst selten Entstehung von Myopie beobachtet. Die Entwickelung der Myopie hängt bei gegebener Disposition besonders von der Benutzung der Augen ab. Wie schon erwähnt, ist öftere starke und anhaltende Accommodation für die Nähe, verbunden mit starker Convergenz der Augen hiezu am meisten förderlich, also dauernde Beschäftigung mit feinen Objecten, bei unzureichender Beleuchtung, vieles Lesen, Nähen u. dgl. Ebenso Sehschwäche jeder Art, welche zwingt, die Objecte behufs Erlangung grösserer Bilder sehr nahe zu halten, und daher die Accommodation stark anzuspannen (»Kurzsichtigkeit aus Schwachsichtigkeit«). Bei alten Hornhauttrübungen, stationären Linsentrübungen z. B. Schichtstaar, ferner bei wahrer Amblyopie findet man daher sehr häufig stark myopischen Refractionszustand.

Gebückte Kopfhaltung dient gleichfalls, da sie Congestivzustände im Augengrunde veranlasst, zur Beförderung der Myopie.

Kurzsichtigkeit kommt unvergleichlich häufiger in den gebildeten Ständen vor, viel häufiger in Städten als auf dem Lande, wofür der Grund offenbar in der Beschäftigung liegt. Zuweilen allerdings begegnet man auch der Myopie und sogar den höchsten Graden derselben in den niedrigsten Ständen und bei Individuen, deren Berufsgeschäfte in keiner Weise geeignet sind, die Entwickelung der Myopie zu fördern.

Nirgends soll Kurzsichtigkeit so häufig sein, wie in Deutschland; bei wilden Völkerschaften soll sie gänzlich fehlen.

§ 10. Behandlung der Kurzsichtigkeit.

Die Myopie lässt sich, ausser etwa durch Extraction der Linse, in keinem Falle fortschaffen. Nur in den allerwenigsten Fällen kommt eine geringe Reduction des Grades vor, am ehesten noch bei jener irregulären Myopie, welche die Folge von Convexitätszunahme der Hornhaut (Keratectasie) bei und nach entzündlichen Leiden derselben ist. Diese Myopie kann, so lange sie noch frisch

ist, in gewissem Grade rückgängig werden, indem die Gestalt der Hornhaut sich wieder der normalen nähert, wenn im Verlauf des Leidens das Auge geschont, und der Gebrauch der Accommodation so sehr als möglich beschränkt wird.

Die typische Myopie mit Verlängerung der Sehaxe ist einer Verminderung nur in sehr beschränktem Maasse fähig, und zwar nur, wenn bei völlig stationärem Zustande durch den senilen Process die Refraction des Auges etwas herabgesetzt wird. Die Aufgabe der Therapie ist daher neben der optischen Hülfsleistung nur, den Fortschritt des Leidens, die Zunahme der Myopie zu hemmen oder doch zu verlangsamen. Namentlich ist bei den nicht selten hinzutretenden hyperämischen und entzündlichen Zuständen und anderweiten Complicationen einzugreifen.

Extraction der Linse vermehrt natürlich die Refraction unter Aufopferung der Accommodation sehr namhaft, wandelt geringe Grade von Myopie in Hyperopie um, hebt hohe Grade auf, oder vermindert sie doch um ein sehr Bedeutendes. In gewissen Fällen extremer Kurzsichtigkeit hat man allen Ernstes gerathen, selbst die durchsichtige Linse zu entfernen, z. B. bei hochgradigem Keratoconus, doch dürfte die Befolgung eines solchen Rathes nur ganz ausnahmsweise erlaubt sein.

Von höchster Wichtigkeit ist eine richtige Diätetik des Auges. In Bezug auf den Gebrauch der Augen haben nicht nur Diejenigen, welche an hochgradiger Kurzsichtigkeit mit Congestion und Irritation der Choroidea und Netzhaut leiden, sondern alle Kurzsichtigen eine gewisse Vorsicht und Zurückhaltung zu üben, da die grosse Mehrzahl aller Myopieen einigermassen progressiv ist und jede Myopie progressiv werden kann. Ganz besonders nothwendig ist dies in der Jugend bis in die zwanziger Jahre hinein, wo die Neigung zur Progressivität am grössten ist, und bei ausgesprochener erblicher Anlage.

Vor Allem ist es nothwendig, die dauernde angestrengte Accommodation für die Nähe zu vermeiden oder wenigstens zu beschränken. Die Beschäftigung mit sehr feinen Objecten, das Lesen kleinen, schlechten Druckes, feine Stickereien, das Arbeiten bei mangelhafter Beleuchtung sind wo möglich zu unterlassen, um so mehr, wenn Progressivität und Reizerscheinungen bereits nachweisbar sind. Besonders richte man sein Augenmerk darauf, eine zu grosse An-

näherung der Arbeitsobjecte und eine stark vornübergebeugte Kopfhaltung zu verhindern. Beides beruht zwar in dem Bestreben möglichst grosse Netzhautbilder zu erhalten, ist aber oft nur eine schlechte Gewohnheit, welche auch bei grosser Schrift und guter Beleuchtung beibehalten wird. Man hat mancherlei künstliche Mittel versucht, um die Kopf- und Körperhaltung zu reguliren und zu stabiliren; selbst ein complicirter Apparat, das Myopodiorthoticon, ist von Berthold dazu erfunden worden. In der That ist es namentlich bei Kindern zur Zeit der ersten Entwickelung der Myopie prophylactisch sehr wichtig, sie früh an eine geeignete Körperhaltung beim Arbeiten zu gewöhnen. Auf zweckmässige Form und Stellung der Schultische, auf richtige, gleichmässige und genügend helle Beleuchtung, rationelle Wahl der Arbeitsobjecte, grossen deutlichen Druck, nicht zu kleine Handschrift kann man nicht genug Sorgfalt verwenden. Stark Kurzsichtige lasse man beim Lesen das Buch in der Hand halten, zum Schreiben sich eines hohen geneigten Pultes bedienen. Zu empfehlen ist es ferner, das Arbeiten in der Nähe nicht zu lange fortzusetzen, sondern öfters durch kurze, wenigstens Minuten lange Pausen zu unterbrechen, um in der Anspannung der Muskeln und Membranen des Auges einen Nachlass und eine Erholung eintreten zu lassen, und die Elasticität nicht zu stark zu beanspruchen. Auf die Wahl des Berufs übt die in der Entwickelung begriffene Myopie oft maassgebenden Einfluss, ja selbst noch in späteren Jahren stellt sich zuweilen die Nothwendigkeit eines Wechsels heraus, wenn die Beschäftigung mit nahen Objecten ganz eingestellt, oder auf ein Minimum beschränkt werden muss.

Bei vorgeschrittenen Graden von Myopie, und wenn Irritationserscheinungen vorhanden sind, müssen noch andere diätetische und prophylactische Massregeln getroffen werden. Was Congestion zum Kopfe bewirkt, ist zu vermeiden, starke körperliche und geistige Aufregungen, stark erregende Getränke; für regelmässige Stuhlentleerung, für normale Hautthätigkeit, für warme Füsse, für genügenden Schlaf ist Sorge zu tragen, starke Seitwärtsdrehungen der Augen zu meiden.

Grosse Vorsicht und Sorgfalt ist bei Myopie in der Auswahl und im Gebrauch der Brillen zu üben. Eine unpassende

Brille kann grossen, nicht wieder gut zu machenden Schaden stiften. Namentlich sind zu starke Concavgläser deshalb sehr nachtheilig, weil sie eine permanente ungebührliche Anspannung der Accommodation nöthig machen, welche gerade so sorgsam als möglich verhütet werden muss. Zunächst bewirken sie eine scheinbare Vermehrung der Myopie, indem der Accommodationsapparat nicht mehr vollständig erschlafft, dann befördern sie die fortschreitende Formveränderung des Bulbus.

Die Myopie wird durch dasjenige Concavglas neutralisirt, mittels dessen der Fernpunkt auf ∞ gebracht wird, $M = \frac{1}{n}$ also durch $-\frac{1}{n}$, d. h. durch ein Glas von n Zoll negativer Brennweite. Das Auge wird dadurch dem emmetropischen möglichst ähnlich gemacht, indessen bleiben doch manche Unterschiede, unter denen der wesentlichste der ist, dass bei neutralisirter Myopie nicht die normale Harmonie zwischen Accommodation und Convergenzstellung besteht.

Die Sehschärfe kann in dem bewaffneten kurzsichtigen Auge die normale nicht ganz erreichen, weil in Folge der durch das Concavglas geschehenden Verschiebung der Knotenpunkte nach hinten die Netzhautbilder verkleinert werden. Dazu kommt, dass in so vielen Fällen, besonders hochgradiger Myopie die Perceptionsfähigkeit um etwas verringert ist. Mit der Veränderung des Ortes und der Grösse der Netzhautbilder beim Brillengebrauch ist auch eine Aenderung der Projection nach aussen verbunden, die sich durch unrichtige Localisation und Scheinbewegungen der Objecte äussert. Zwar hört das nach längerem Tragen der Brille allmählich auf, aber namentlich bei abwechselndem Gebrauch und Nichtgebrauch der Brille geht daraus einige Unsicherheit in der Localisirung des Gesehenen hervor.

Noch wichtiger ist das verschiedene Verhalten der relativen Accommodationsbreiten bei natürlicher und bei künstlich im kurzsichtigen Auge hergestellter Emmetropie. Die absolute Accommodationsbreite und die Lage des Accommodationsspielraums ist in beiden Fällen gleich; der binoculare Nahepunkt aber liegt bei neutralisirter Myopie viel ferner, weil der Myop nicht im Stande ist, bei mässiger Convergenz seine ganze Accommodation aufzuwenden. Für alle Augenstellungen überwiegt der negative Theil der relativen Accommodationsbreite bedeutend den positiven; daher erfolgt die Accommodation für den Convergenzpunkt nur mit Anstrengung, es muss die Neigung für einen ferneren Punkt zu accommodiren mühsam überwunden werden. Wenn nach län-

gerem Tragen der Concavbrille durch Uebung der Accommodation eine Annäherung an den Zustand des emmetropischen Auges vor sich gegangen ist, so geschieht es leicht, dass nun die Benutzung des Auges für die Nähe Schwierigkeit bereitet, weil stärker accommodirt wird, als für den Convergenzpunkt angemessen ist.

Es giebt Kurzsichtige, welche vom Morgen bis zum Abend mit dem neutralisirenden Glase, als gewissermassen zum Auge gehörig, bewaffnet, sich eines nahezu normalen Gesichtes erfreuen, in der Ferne scharf sehen, und in der Nähe andauernd ohne Beschwerde arbeiten, welche bei dem ununterbrochenen Tragen ihrer Brille sich der Anomalie ihrer Refraction und der daraus hervorgehenden Unzulänglichkeiten kaum je bewusst werden. - Allein die Zahl derselben ist nicht gross, weil besonders günstige Umstände zusammentreffen müssen, um ein solches Resultat möglich zu machen. Nur bei stationärer*) Myopie nicht zu hohen Grades, ohne alle entzündlichen und congestiven Erscheinungen, nur im jugendlichen Alter bei guter Sehschärfe und Accommodation darf die die Myopie neutralisirende Brille zu fortwährendem Tragen verordnet werden (d. h. die schwächste, mit der in der Ferne scharf gesehen wird). Unter diesen Bedingungen ist aber das Tragen der Brille auch rathsam **), weil dadurch mehrere Nachtheile (zu starke Convergenz, gebeugte Kopfhaltung) vermieden werden, welche sonst die Entwickelung der Myopie begünstigen würden. Es muss jedoch das Tragen der Brille früh begonnen werden, weil in späteren Jahren die eine der Bedingungen, eine ausgiebige Accommodation, nicht mehr in genügendem Maasse vorhanden ist.

Zum Gebrauch einer starken Concavbrille ist oft eine gewisse Vorbereitung und Gewöhnung erforderlich, damit die relativen Accommodationsbreiten sich dem neuen Verhältniss anbequemen.

---

*) Im strengsten Sinne ist im jugendlichen Alter die Myopie wohl niemals vollkommen stationär. Die langsam und mässig bis zu den zwanziger Jahren steigende Myopie ist indessen vom Brillentragen keineswegs auszuschliessen; wohl aber jede, welche äusserlich, oder ophthalmoskopisch, oder durch functionelle Störungen deutliche Zeichen der Progressivität darbietet.

**) Dies ist Donders' Ansicht. Andere widerrathen das Benutzen der Brille für die Nähe dringend (bis auf gewisse Ausnahmsfälle bei sehr hohen Graden von Myopie) wegen der dadurch bedingten Anspannung der Accommodation. Mancherlei Vortheile und Nachtheile stehen sich hier gegenüber, deren Abwägung nicht ganz leicht ist. Meine Erfahrungen sprechen für Donders' Meinung, sofern man nur die obigen Cautelen streng im Auge behält.

Giebt man einem Myopen mit sonst gesunden Augen, der noch keine Gläser gebraucht hat, sogleich die starke neutralisirende Brille, so ist er oft nicht im Stande, auch nur kurze Zeit sich ihrer zu bedienen. Er, der gewohnt ist, bei stark convergenter Augenstellung möglichst wenig zu accommodiren — viel weniger als ein normales Auge bei gleicher Convergenz — muss jetzt, mit dem Concavglase versehen, schon bei geringer Convergenz die Accommodation stark anspannen, ebensoviel nämlich, als ein normales Auge in gleicher Stellung. Das vermag das Auge nur in der Jugend und bei guter Accommodation, und selbst dann folgen, wenn die Brille stark ist, bald unangenehme Empfindungen der Ermüdung auf die ungewohnte Anstrengung. Beginnt man in solchem Falle mit schwächeren Nummern, und geht langsam (nach mehreren Monaten) zu dem neutralisirenden Glase über, so verändert sich durch Uebung allmählich das relative Accommodationsgebiet, wird dem des normalbrechenden Auges gleich, und schliesslich wird auch das starke Glas gut vertragen. Doch nur bei jungen Individuen geschieht die Gewöhnung so leicht, schon in mittleren Lebensjahren viel schwerer, und man ist oft genöthigt, bei schwächeren Gläsern stehen zu bleiben, während in gleichem Alter die Neutralisationsbrille noch ohne Beschwerde benutzt wird, wenn sie von Jugend auf getragen wurde.

Findet man, dass in der Uebungszeit die schwächere Brille im Wesentlichen genügt, so hat man oft Grund, bei ihr stehen zu bleiben; das schwächere Glas hat auch meist den Vortheil, für das excentrische Sehen günstiger zu sein, da für die seitlichen Theile des Augengrundes wegen des geringen Abstandes von der Linse der Grad der Myopie geringer zu sein pflegt, als für die Gegend der Macula lutea.

Wenn beim Gebrauch der Neutralisationsbrille der Grad der Myopie zur Zeit der Entwickelungsperiode langsam wächst, ohne dass sonst eine der Bedingungen zum Tragen der Brille eine Aenderung erfährt, so besteht kein Bedenken, die Brille dem nun vorhandenen Grade der Myopie entsprechend zu verstärken; doch ist gerade in diesem Punkt die peinlichste Vorsicht am Orte; in allen zweifelhaften Fällen ist es besser, die schwächere Brille beizubehalten.

Es ist nicht richtig, bei niedrigen Graden von Myopie, z. B. $\frac{1}{18}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{24}$ die Brille bloss deshalb zu versagen, weil sie so schwach ist, denn für das Sehen in der Ferne wird ohne die Brille an Schärfe sehr viel entbehrt, und andrerseits ist die Gefahr eines Missbrauchs viel geringer.

Beim Gebrauch der Concavbrillen für die Nähe hat man sehr darauf zu achten, dass die Kurzsichtigen nicht unwillkürlich, früherer

Gewohnheit folgend, und um grössere Netzhautbilder zu gewinnen, die Objecte trotz der Brille zu nahe ans Auge halten, sondern dass die vermehrte Tragweite des bewaffneten Auges auch zum Fernerhalten der Objecte benutzt werde. Ein solcher Missbrauch der Accommodation muss nothwendig zu schweren Nachtheilen führen.

Wo die oben genannten Bedingungen nicht sämmtlich erfüllt sind, d. h. wo die Sehschärfe unter der Norm ist, wo die Accommodation beschränkt ist, wo der Grad der M $= \frac{1}{5}$ oder darüber ist, wo Reizungserscheinungen, oder ophthalmoskopische Zeichen der Progressivität stattfinden, ist der Gebrauch des neutralisirenden Glases auf die Ferne zu beschränken, und für die Nähe eine schwächere, oder gar keine Brille zu benutzen. Und zwar:

Wenn die Sehschärfe merklich verringert ist, so sind grössere Netzhautbilder, also ein geringerer Abstand zum Arbeiten erforderlich. Deshalb muss auch die verkleinernde Brille fortbleiben, höchstens darf ein schwaches Glas benutzt werden, welches den Fernpunkt auf 6—8—10 Zoll bringt. Bei den höchsten Graden von Myopie mit stark verminderter Sehschärfe wird auch in der Ferne mit der neutralisirenden Brille wegen der starken Verkleinerung sehr schlecht gesehen. Für solche Fälle bleibt nichts übrig, als ein doppeltes Fernglas für beide Augen, oder den sehr bequem transportablen Steinheil'schen Glaskonus, das sog. »kleine Fernrohr« für ein Auge zu benutzen. Letzterer, ein solider Kegel, ungefähr 1 Zoll lang mit einer schwachen convexen, und einer stärker concaven Fläche, wirkt wie ein terrestrisches Fernrohr.

Dieses von Huyghens angegebene, von Steinheil ausgeführte einfache Instrument (Fig. 13.), ein convex-concaver Meniskus mit überwiegender Concavität sollte nach der gewöhnlichen,

Fig. 13.

nicht genügend genauen Theorie verkleinerte Bilder liefern. Es liefert jedoch vielmehr einige Vergrösserung, welche sich durch die Dicke des Meniskus erklärt. Die gewöhnlichen vereinfachten dioptrischen Formeln, welche die Dicke der Linse vernachlässigen, sind daher für diesen Fall nicht anwendbar. Die Vergrösserung berechnet sich nach folgender Formel:

$$M = \frac{1}{1 - \left(\frac{n-1}{r} - \frac{1}{E}\right)\frac{d}{n}}$$

wo r den Krümmungsradius der Vorderfläche, d die Dicke, n den Brechungscoëfficienten des Glases, E die Entfernung des gesehenen Gegenstandes bedeutet. Setzt man $E = \infty$, was wohl immer gestattet ist, so ist

$$M = \frac{1}{1 - \frac{n-1}{r} \cdot \frac{d}{n}}$$

Auch stenopäische Brillen sind bei sehr hochgradiger Myopie mit Amblyopie geeignet, das Sehen in der Ferne einigermassen zu verbessern. Beim Sehen durch die kleine Oeffnung werden die Zerstreuungskreise stark verringert, und daher die Netzhautbilder schärfer, ohne verkleinert zu werden. Bisweilen ist es zweckmässig, ein schwaches Concavglas hinzuzufügen. Durch Probiren ermittelt man dieses Glas und die günstigste Grösse der stenopäischen Oeffnung, welche, damit nicht gar zu lichtschwache Bilder entstehen, nicht zu klein sein darf, und überzieht dann die dem Auge zugekehrte Seite des Glases bis auf die Oeffnung mit einem dunkeln Farbstoff.

Wenn die Accommodationsbreite erheblich verringert ist, so reicht beim Gebrauch der Neutralisationsbrille die Accommodation für die Nähe nicht aus, und es ist noch eine schwächere Nahebrille erforderlich. Myopen, welche sich von Jugend auf der Neutralisationsbrille bedient haben, pflegen ungefähr in demselben Alter einer schwächeren Brille zu bedürfen, in welchem emmetropische Augen der abnehmenden Accommodation halber die Convexbrille für die Nähe brauchen (oder etwas früher, um das 40ste Jahr). Wegen der enger werdenden Pupille kann die Brille für die Ferne etwas schwächer sein, daher denn die eine schwächere Brille eine Zeit lang für die Nähe und Ferne ausreicht. Mit zunehmendem Alter ist die Nahebrille noch weiter abzuschwächen, zuletzt bei nicht zu starker Kurzsichtigkeit ganz abzulegen. Bei

geringen Graden von Myopie kann, wenn der Nahepunkt über den Abstand der bequemen Sehweite hinausrückt, zum Arbeiten eine schwache Convexbrille nöthig werden, während für die Ferne nach wie vor die gewohnte, oder eine wenig schwächere Concavbrille passt. Ist z. B. bei $M = \frac{1}{20}$ der Nahepunkt auf 15 Zoll abgerückt, so wird für die Nähe etwa $+ \frac{1}{30}$, für die Ferne $- \frac{1}{20}$ gebraucht werden.

Wenn die Myopie hochgradig ist, $= \frac{1}{5}$ oder darüber, so ist es im Allgemeinen nicht räthlich, die Neutralisationsbrille ununterbrochen zu tragen, sondern eine schwächere Brille, welche den Fernpunkt auf 12 bis 16 Zoll bringt, und für die Ferne eine Lorgnette $\frac{1}{12}$ resp. $\frac{1}{16}$ vor die Brille zu halten. Bei den extremsten Graden ist es unnütz, für die Ferne eine Brille zu tragen, weil sie, wie schon erwähnt, nichts, oder sehr wenig leistet. Für die Nähe darf ein Glas benutzt werden, welches je nach den Umständen die Sehweite auf 6—9 Zoll erhöht, und zweckmässig gleichzeitig eine prismatische Wirkung übt (cf. pag. 118).

Wenn Reizerscheinungen und Zeichen von Progressivität vorhanden sind, so ist der Gebrauch von Brillen überhaupt möglichst einzuschränken. Neben verdoppelter Sorgfalt in Befolgung der diätetischen Vorschriften kann für die Ferne eine Lorgnette gebraucht werden. Es wäre wünschenswerth, für die Nähe keine Brille zu benutzen, damit die Accommodation so wenig als möglich angespannt werde, wenn nicht ohne die Brille die Nachtheile der starken Convergenz und gebückten Stellung drohten. Es ist daher im Allgemeinen die Beschäftigung mit nahen Objecten thunlichst einzuschränken. Bei niederen und mittleren Graden werde ohne Brille gearbeitet, bei den höheren jedoch, wo nur in wenigen Zollen Abstand scharf gesehen wird, werde, falls binoculare Fixation besteht, durch eine schwache Brille (am besten mit prismatischer Wirkung (cf. pag. 118) die Sehweite vergrössert. Dasselbe muss geschehen, wenn Insufficienz der inneren geraden Augenmuskeln besteht, wovon später die Rede sein wird.

In beiden Fällen ist der Fernpunkt je nach den individuellen Verhältnissen, Sehschärfe, Grad der Myopie, auf 8 bis 12 Zoll Abstand zu bringen, so dass die Accommodation durchaus nicht angestrengt zu werden braucht. Zu besonderen Zwecken, wo eine

etwas grössere Sehweite nothwendig erfordert wird, kann dann eine zweite Brille gegeben werden, welche den Fernpunkt auf die gewünschte Entfernung bringt.

Das gesuchte Glas ist $= \frac{1}{B} - \frac{1}{M}$; wo B die geforderte Sehweite, M den Grad der Myopie bedeutet. Soll z. B. bei $M = \frac{1}{4}$ der Fernpunkt auf 10 Zoll Abstand gebracht werden, so ist dazu $\frac{1}{10} - \frac{1}{4} = -\frac{1}{6\frac{2}{3}}$ d. h. etwa $-\frac{1}{7}$ erforderlich. Will Jemand mit $M = \frac{1}{6}$ eine Brille zum Klavierspielen benutzen, also etwa in 20 Zoll Abstand, so ist das passende Glas $= \frac{1}{20} - \frac{1}{6} = -\frac{1}{8\frac{4}{7}}$. Man wird also zwischen $-\frac{1}{8}$ und $-\frac{1}{9}$ zu wählen haben.

Wenn die Augen, wie es sehr häufig der Fall ist, geblendet und lichtscheu sind, so ist es vortheilhaft, Brillen von blauem oder grauem Glase zu benutzen.

Bei entschieden progressiver Myopie mit Hyperämie oder Entzündung der innern Membranen, oder sonstigen schwereren Complicationen ist nicht nur der Gebrauch jedweder Brillen (ausser gebläuter Planbrillen), sondern auch jeder Gebrauch des Auges zur Arbeit wenigstens periodenweise, in den schlimmsten Fällen sogar dauernd zu verbieten.

Ueber die anderweitige Behandlung, welche in solchen Fällen oft zu instituiren ist, können hier nur kurze Andeutungen gegeben werden. Bei den hyperämischen und entzündlichen Zuständen sind locale Blutentleerungen oft von grosser Wirksamkeit, heben die schmerzhaften Empfindungen, bessern die Sehschärfe und die Sehweite, wodurch dann der Grad der Kurzsichtigkeit verringert zu werden scheint. Zu solchen Depletionen eignet sich vortrefflich der Heurteloup'sche Saugapparat (der sog. künstliche Blutegel), welcher aus einer kleinen Wunde an der Schläfe beliebige Mengen Blut in kürzester Frist zu entleeren gestattet, und, um auf die Circulationen im Innern des Auges zu wirken, kommt es gerade auf die schnelle Entleerung an. Um nachtheilige Congestionen zu verhüten, wird die Application Abends vor dem Schlafengehen vorgenommen; der nächste Tag muss im halbverdunkelten Zimmer in voller Ruhe zugebracht werden. Je nach den Umständen ist die Blutentleerung alle 8 Tage oder in grösseren Zwischenräumen vorzunehmen.

Neben diesem Hauptmittel sind noch einige andere zu nennen, für welche indessen die Specialindicationen hier nicht ausgeführt werden können, Ableitungen auf den Darm, reizende Fussbäder, Inunctionen in Stirn und Schläfe, die kalte Brause mit schwachem Strahl, Instillationen von Atropin bei Accommodationskrampf, der innere Gebrauch von resorptions-befördernden Medicamenten, insbesondere von Sublimat, Jod, zuweilen der Gebrauch narkotischer Mittel. Von der Anwendung dieser Mittel werden für die Sehkraft, wenn die Amblyopie nicht etwa von Blutergüssen, Netzhautablösung, Glaukom, Degeneration des gelben Fleckes abhängig ist, oft gute Erfolge beobachtet. Die Behandlung dieser letzteren Complicationen muss hier übergangen werden; nur über die Therapie der durch die Myopie bedingten Bewegungsstörungen füge ich einige Bemerkungen hinzu.

Muskuläre Asthenopie geringen Grades, bedingt durch relative Insufficienz der innern Augenmuskeln, wird oft schon durch Concavgläser gehoben, welche das Arbeiten in grösserem Abstande und bei geringerer Convergenz möglich machen. Eine vollständigere Abhülfe gewähren abducirend-prismatische Brillen (die brechenden Kanten nach aussen gerichtet), geeigneten Falls in Combination mit der Concavbrille. Eine geringe prismatische Wirkung erzielt man auf einfache Weise dadurch, dass die Distanz der Centren beider Gläser etwas vermindert wird. Vermittels der prismatischen Gläser geschieht die binoculare Fixation unter geringerer Convergenz, sie dürfen daher auch nicht für die Ferne angewendet werden, weil sonst die Augen zur Divergenz gezwungen werden würden.

Nur bei wirklicher Schwächung der Interni, nicht aber bei bloss relativer Insufficienz im myopischen Auge kann man darauf ausgehen, diese Muskeln methodisch zu stärken. Hiezu dient gymnastische Uebung derselben mit Hülfe concaver adducirender Prismen, welche für die Ferne benutzt, die Interni zu stärkerer Contraction anspornen. Auch Galvanismus dürfte hier häufig am Platze sein, cf. unten.

Die concav-prismatischen Brillen mit abducirender, d. h. die Convergenz verringernder Wirkung empfiehlt v. Graefe ausserdem, um den Nachtheil starker Convergenz zu vermeiden, bei allen sehr hohen Graden von Myopie mit gemeinschaftlicher Fixation,

und auch bei weniger hohen Graden, wenn sich ein mässiges Uebergewicht der Recti externi herausstellt, und die Interni zur Einstellung zu stark angespannt werden müssen. In beiden Fällen braucht keine deutliche Asthenopie zugegen zu sein, aber die Insufficienz lässt sich auf die oben erwähnte Weise (mittels nach oben oder unten brechender Prismen) constatiren, und ihre Beseitigung erleichtert das ausdauernde Sehen wesentlich.

Wo das Verhältniss der Muskellängen zu ungünstig ist, und zur gänzlichen Aufhebung der Asthenopie gar zu starke Prismen erforderlich wären, kann oft derselbe Zweck auf viel günstigere Weise durch die Rücklagerung eines oder beider äusseren Augenmuskeln erreicht werden. Ebenso findet diese bei relativem Auswärtsschielen ihre Stelle, wenn dessen Beseitigung geboten erscheint.

Tenotomie und Prismen genügen zuweilen zusammen, wo jedes allein nicht genügt.

Es giebt jedoch, besonders bei den höchsten Graden von Myopie, Fälle genug, wo binoculare Fixation ohne Beschwerde und ohne Nachtheil sich nicht erzielen lässt. Dann sind wir genöthigt, das von der Natur so oft eingeschlagene Auskunftsmittel zu ergreifen, die Exclusion eines Auges von der Fixation durch Abweichung nach aussen. Vermittelst eines ganz dunkeln Glases wird ein Auge vom Sehen für die Nähe ausgeschlossen, muss dann aber, um nicht ganz amblyopisch zu werden, separat geübt werden. v. Graefe räth zur Exclusion nur im äussersten Nothfalle bei excessiver Myopie, Donders geht etwas weiter. Wo es gelingt, wenigstens des grössten Theiles der Insufficienz durch concavprismatische Gläser, welche den Fernpunkt auf 12—16 Zoll bringen, Herr zu werden, will er diese Brille zum Schreiben, und anderer nicht sehr andauernder Arbeit geben, wo es darauf ankommt, die gebückte Stellung zu vermeiden, dagegen mit Ausschluss eines Auges lesen lassen, wobei das Buch in der Hand gehalten werden kann.

Die noch wenig geprüfte Anwendung des Galvanismus zur Behandlung der muskulären Asthenopie scheint für eine gewisse Categorie von Fällen theils zur alleinigen Kur, theils zur Unterstützung der anderweitigen Behandlung sehr empfehlenswerth zu sein. Landsberg*) bediente sich schwacher constanter

*) Archiv f. Ophth. XI. 1. pag. 69.

Ströme, und rühmt sich schlagender Erfolge, wo die anderen Methoden ihn im Stiche liessen. Die Indication für solche Versuche wird indessen nur durch absolute Insufficienz gegeben sein, nicht durch die der Myopie eigenthümliche relative.

Auch der von Myopie abhängige relative Strabismus convergens bedarf, wenn er ausgebildet und höheren Grades ist, zur Heilung eines operativen Eingriffes, der Tenotomie des Rectus Internus eines oder beider Augen. Nur für die niedrigen Grade, und für das unter allmählicher Spannungszunahme der Interni in der Entstehung begriffene Einwärtsschielen kann die Behandlung mit Brillen zur Sprache kommen. Von den älteren Fällen werden nur die mit Doppeltsehen verbundenen dazu geeignet sein.

Schwache Concavbrillen, welche, bei der Arbeit gebraucht, durch Vermehrung der Sehweite eine geringere Convergenz bedingen, mässigen die Spannung der Interni, üben und bessern ihre Dehnbarkeit. Gleiches kann man auch mittelst abducirender Prismen, einfacher oder concaver, bei höheren Graden von Myopie zu erreichen suchen; mittelst einfacher Prismen unter Beibehaltung der gewohnten, der Fernpunktslage entsprechenden Arbeitsentfernung, mittelst concaver Prismen unter Fernerlegung derselben. Indessen nur in den frühesten Stadien reussiren diese auf Verhütung und Heilung des Uebels gerichteten Bestrebungen.

Oefters tritt auch die Indication zur Benutzung entgegengesetzt wirkender Prismen ein. Wo nämlich das Muskelleiden bereits ausgebildet ist, wo beim Fernsehen Deviation eines Auges nach innen stattfindet, und Doppeltsehen veranlasst, da kann das letztere durch concave adducirend-prismatische Brillen beseitigt werden. Auch diese Prismen können zugleich der Spannungszunahme der Interni entgegenwirken, wenn sie so gewählt werden, dass sie nicht die ganze Abweichung corrigiren, sondern das Zusammenbringen der stark genäherten Doppelbilder der Contraction der Abducenten überlassen. Eine wichtige Anwendung finden ferner diese adducirend-prismatischen Concavbrillen, die selbstverständlich nur für die Ferne, niemals zur Arbeit zu benutzen sind, nach der Operation, wo durch diese keine vollkommene Richtigstellung und Normalisirung der seitlichen Muskelspannungen erzielt werden kann oder darf.

Unter Umständen wird man beide Arten von Prismen gleichzeitig in Gebrauch ziehen dürfen, für die Ferne stark concave Brillen, welche die Myopie neutralisiren, mit adducirender Prisma-Wirkung, für die Nähe schwach concave Brillen, welche nur die

Arbeitsentfernung etwas herausrücken, mit abducirender Prisma-Wirkung.

Ein ungemein interessantes, von v. Graefe mit grösstem Erfolge cultivirtes Feld bildet das genauere Studium der Operationseffecte bei vermehrter und verminderter Spannung der inneren geraden Augenmuskeln. Die Vorausberechnung der zu erzielenden Wirkung, die Controllirung und Regulirung der erzielten Wirkung hat mit äusserster Präcision zu geschehen, da es auf die Herstellung des binocularen Sehens für alle Entfernungen und auf dauernde Anwendbarkeit für den gewöhnlichen Arbeitsabstand ankommt. Die Technik der Operation, insbesondere die Combination der Tenotomie mit der Conjunctivalsutur gewährt bekanntlich ausreichende Mittel zu genauester Dosirung des Effects. Ich muss es mir versagen, die hier geltenden Regeln im Einzelnen zu besprechen, muss vielmehr auf die beiden oben angeführten Aufsätze v. Graefe's verweisen.

Fünftes Capitel.

Astigmatismus.

Die erste Erwähnung der Erscheinungen des regelmässigen Astigmatismus finden wir bei Th. Young (1793), der sie an seinem eigenen Auge entdeckte. Bald nach ihm und unabhängig von ihm beobachtete E. G. Fischer in Berlin dieselbe Anomalie in sehr ausgebildeter Weise an sich selbst, in geringem Grade an fast allen Augen, die er darauf untersuchte. Den Grund erkannte er in Asymmetrie des Auges. Seine Vermuthung, dass die Cornea der Sitz derselben sei, wurde durch Gersons freilich noch sehr ungenügende Messungen bestätigt (1810). Später (1827) fand auch der berühmte englische Astronom Airy dieselbe Abweichung (welche Whewell mit dem Namen Astigmatismus belegte), in hohem Grade entwickelt an einem seiner Augen, und lieferte eine sehr genaue und vollständige Beschreibung derselben. Er corrigirte den Fehler durch ein cylindrisches Glas, welchem er, da er kurzsichtig war, zugleich eine sphärisch-concave Fläche gab. Airy's Beobachtung gab Veranlassung zur Construction der astigmatischen Linse von Stokes (1849), und zur Auffindung vieler ähnlicher Fälle. Doch erst die neueste Zeit (1860 und 1862) brachte ausführlichere Arbeiten von Knapp und Donders mit genauen ophthalmometrischen Messungen der Asymmetrie, Ersterer

bearbeitete mehr die physiologischen, Letzterer mehr die pathologischen Verhältnisse des regelmässigen Astigmatismus.

Die Phänomene des irregulären Astigmatismus, die unregelmässigen und mehrfachen Zerstreuungsbilder eines Punkts oder einer Linie sind lange bekannt, doch fand man erst vor Kurzem nach und nach die richtige Erklärung durch Unregelmässigkeiten der Linse (Donders, A. Fick, Helmholtz). Unter den hieher gehörigen pathologischen Erscheinungen hat besonders die monoculare Diplopie die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, und zahlreiche Hypothesen hervorgerufen. Unter den neueren ist Stellwags bald als irrthümlich erkannte Meinung zu erwähnen, welcher diese Diplopie durch Doppelbrechung im Glaskörper erklären will. In neuester Zeit haben besonders Donders und Knapp über den pathologischen unregelmässigen Astigmatismus gearbeitet.

Neuere den Astigmatismus betreffende Quellen:

Donders Astigmatismus. Arch. f. Ophth. VII. 1. pag. 176. 1860.

Knapp Die Krümmung der Hornhaut des menschlichen Auges. Heidelberg 1860.

Donders Astigmatismus und cylindrische Gläser. Berlin 1862.

Knapp Ueber die Asymmetrie des Auges in seinen verschiedenen Meridianebenen. Archiv f. Ophth. VIII. 2. pag. 185. 1862.

Schweigger Bemerkungen über die Diagnose und Correction des Astigmatismus. Archiv f. Ophth. IX. 1. pag. 178. 1863.

Donders Ueber Glaukom, Astigmatismus und Sehschärfe. Archiv f. Ophth. IX. 2. pag. 215. 1863.

Middelburg De zidplaats van het Astigmatisme. Utrecht 1863. Auszug daraus im Archiv f. Ophth. X. 2. pag. 83.

Kugel Ueber die Wirkung schief vors Auge gestellter sphärischer Brillengläser beim regelmässigen Astigmatismus. Archiv f. Ophth. X. 1. pag. 89. 1864.

Knapp Ueber die Diagnose des irregulären Astigmatismus. Klin. Monatsblätter für Augenheilkunde. II. pag. 304. 1864.

Javal Note sur le choix des verres cylindriques. Annales d'oculistique 53. pag. 50. 1865.

Kugel Ueber die Sehschärfe bei Astigmatikern. Archiv f. Ophth. XI. 1. pag. 106. 1865.

Nagel Historische Notiz über Hyperopie und Astigmatismus. Archiv f. Ophth. XII. 1. 1866.

Begriff und Eintheilung des Astigmatismus.

Unter dem Ausdruck Astigmatismus im allgemeinsten Sinne des Wortes sind zu verstehen die Abweichungen von der

punktuellen Vereinigung der von einem leuchtenden Punkte ausgehenden, und die Medien des möglichst richtig eingestellten Auges passirenden (einfarbigen) Lichtstrahlen. Während ein Theil dieser Strahlen sich gerade auf der lichtempfindenden Schicht der Netzhaut vereinigt, bilden gleichzeitig andere Strahlen, welche ein wenig vor oder hinter der Netzhaut zur Schneidung gelangen, Zerstreuungsbilder auf dieser Membran. Die daraus hervorgehende Unvollkommenheit der Netzhautbilder ist im Bau der dioptrischen Medien des Auges, besonders der Gestalt der brechenden Flächen begründet, und haftet in geringem Grade jedem Auge an; sie kann, wenn sie einen höheren Grad erreicht, bedeutende Sehstörungen verursachen.

Die Voraussetzung, welche stillschweigend in den vorigen Abschnitten gemacht wurde, dass Lichtstrahlen, welche von einem im Accommodationsbereich gelegenen Punkte ausgehen (homocentrische Bündel), nach der Brechung im Auge genau in einem Punkte sich sammeln, homocentrisch bleiben, ist nur annähernd richtig. Schon der Umstand, dass Lichtstrahlen von verschiedener Farbe verschiedene Brechbarkeit besitzen, hat eine kleine Ungenauigkeit der Bilder zur Folge, aber die chromatische Abweichung, wenn sie dem Auge auch keineswegs ganz fehlt, ist doch sehr unbedeutend, und beeinträchtigt das Sehen nicht. Nur die viel wichtigeren, von der Asymmetrie der brechenden Flächen herrührenden Aberrationen, welche auch die einfarbigen Lichtstrahlen betreffen (monochromatische Aberration), werden zum Astigmatismus gerechnet. Von einer sphärischen Aberration, wie sie sphärischen Glaslinsen zukommt, kann beim Auge deshalb nicht die Rede sein, weil hier keine genau sphärischen Trennungsflächen vorkommen. Desto complicirter sind die Abweichungen, welche als Astigmatismus zusammengefasst werden.

Das Wort Astigmatismus — von Whewell herrührend — ist abgeleitet von στίζω (pungo), und soll ausdrücken, dass Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, sich nicht wieder in einen Punkt vereinigen.

Das Auge ist nicht in allen seinen Theilen symmetrisch um seine Axe gebaut. Die Brennweite des dioptrischen Systems ist in den verschiedenen Meridianen nicht genau die nämliche, in regelmässiger Succession wächst und fällt dieselbe um Einiges. Die daraus entspringende Aberration der Lichtstrahlen wird als regelmässiger Astigmatismus bezeichnet, und hat ihren

Hauptgrund in der asymmetrischen Gestalt der Hornhaut. Daneben finden noch anderweite regellose Refractionsunterschiede der verschiedenen Meridiane und der einzelnen Theile derselben statt, welche als unregelmässiger Astigmatismus zusammengefasst werden, und, wie der regelmässige Astigmatismus, gleichfalls im normalen Auge vorkommen, hier begründet durch Ungleichheiten im Bau der Krystalllinse.

A. Der regelmässige Astigmatismus.

§ 1. Definition des regelmässigen Astigmatismus.

Der regelmässige Astigmatismus, auch schlechtweg Astigmatismus genannt, beruht in einer Ungleichheit in den Brennweiten der Augen-Meridiane, welche so beschaffen ist, dass der am stärksten und der am schwächsten brechende Meridian — die Hauptmeridiane — auf einander senkrecht stehen, und in der Brechkraft der dazwischen liegenden Meridiane ein allmählicher Uebergang stattfindet.

Die Lage der Hauptmeridiane ist sehr variabel. In der Mehrzahl der Fälle hat der Meridian von kürzester Brennweite eine ungefähr verticale, der Meridian von grösster Brennweite eine ungefähr horizontale Lage. Oft aber kommen auch erhebliche Abweichungen, zuweilen selbst das Umgekehrte vor *).

Wenn man sich das dioptrische System des Auges auf eine einzige brechende Fläche reducirt denkt, so ist dieselbe nahezu die Spitze eines Ellipsoids mit drei verschiedenen Axen. Die längste dieser Axen fällt mit der Sehlinie zusammen, die beiden anderen stehen auf dieser ersten, und auf einander senkrecht, die kürzere hat meistens eine ungefähr verticale, die längere eine ungefähr horizontale Richtung.

§ 2. Grade des regelmässigen Astigmatismus.

Der Grad des regelmässigen Astigmatismus wird durch die Differenz der Brechkraft in den Hauptmeridianen angegeben, also

*) Ungefähr horizontale Stellung des Meridians kürzester Brennweite habe ich überwiegend häufig bei myopischem Astigmatismus, mehr verticale Stellung als ziemlich durchgreifende Regel bei hyperopischem Astigmatismus beobachtet.

As $= \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2}$, wenn f_1 und f_2 die grösste und kleinste Brennweite bezeichnen. Dies ist zugleich der Ausdruck für die Brechkraft der cylindrischen Linse, welche, wie unten näher erläutert wird, die Brechkraft der verschiedenen Meridiane nahezu ausgleicht, und somit den Astigmatismus aufhebt.

Jedes normale Auge zeigt einigen regelmässigen Astigmatismus, häufig findet man Grade von $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{120}$, $\frac{1}{60}$ und darüber, die als physiologischer Astigmatismus bezeichnet werden. Ist der Grad des Astigmatismus höher als $\frac{1}{40}$, so muss er wegen der merklichen Sehstörungen, die er verursacht, als pathologisch betrachtet werden. Der Astigmatismus kann steigen bis $\frac{1}{6}$, sogar bis $\frac{1}{4}$, doch hört bei so hohen Graden wohl die volle Regelmässigkeit in der Brechung auf.

§ 3. Arten des regelmässigen Astigmatismus.

Man kann verschiedene Arten des regelmässigen Astigmatismus unterscheiden, je nach den Refractionszuständen in den Hauptmeridianen des Auges. Myopischer Astigmatismus ist zu trennen in einfach myopischen Astigmatismus (Am), wo nur für einen Hauptmeridian Myopie, für den andern dagegen Emmetropie stattfindet, und zusammengesetzt myopischen Astigmatismus, wo in beiden Hauptmeridianen Myopie verschiedenen Grades besteht (M + Am).

Ebenso scheidet man den hyperopischen Astigmatismus in einfach hyperopischen Astigmatismus (Ah), wo in einem Hauptmeridian Hyperopie, im andern Emmetropie, und in zusammengesetzt hyperopischen Astigmatismus (H + Ah), wo in beiden Hauptmeridianen Hyperopie verschiedenen Grades besteht.

Bei gemischtem Astigmatismus endlich besteht Myopie in dem Meridian stärkster Krümmung, Hyperopie in dem Meridian schwächster Krümmung (Ahm oder Amh).

Der Ausdruck H $\frac{1}{18}$ + Ah $\frac{1}{9}$ würde also den Refractionszustand bei einem zusammengesetzt hyperopischen Astigmatismus bezeichnen, wo in einem Hauptmeridian eine Hyperopie $= \frac{1}{18}$ besteht, in dem andern eine noch stärkere Hyperopie $= \frac{1}{18} + \frac{1}{9} = \frac{1}{6}$. Der Grad des Astigmatismus ist also gleich der Differenz $= \frac{1}{6} - \frac{1}{18} = \frac{1}{9}$. Wenn einem Hauptmeridian Myopie $= \frac{1}{24}$ zu-

kommt, dem andern Hyperopie $= \frac{1}{24}$, so ist das ein gemischter Astigmatismus, auszudrücken durch Ahm $= \frac{1}{24}$ M $+ \frac{1}{12}$ H $= \frac{1}{8}$.

§ 4. Objective Kennzeichen des regelmässigen Astigmatismus.

Aeusserliche, leicht wahrnehmbare Kennzeichen prägt der Astigmatismus dem Auge in der Regel nicht auf. Höchstens lässt sich bei hohen Graden zuweilen seine Gegenwart aus der Form der Hornhaut vermuthen, in andern Fällen aus der Form der Spiegelbilder der Hornhaut, wenn nämlich dieselben in einer bestimmten Richtung verlängert, in der darauf senkrechten verschmälert erscheinen.

Die objective Bestimmung der verschiedenen Krümmungsradien der Hornhaut durch ophthalmometrische Messung kann nicht zu praktischen, sondern nur zu wissenschaftlichen Zwecken benutzt werden, zumal das Resultat nur die Gestalt, und somit den Astigmatismus der Hornhaut, nicht aber den Astigmatismus des ganzen Systems ergeben würde. Dagegen kann der Augenspiegel zum objectiven Nachweis des regelmässigen Astigmatismus höheren Grades benutzt werden.

Der Astigmatismus wird bei hinreichender Uebung erkannt aus dem Bewusstsein der verschiedenen Accommodationsanstrengung (resp. durch Nothwendigkeit verschiedener Correctionsgläser), welche erforderlich ist, um im aufrechten Bilde Netzhautgefässe von entgegengesetzter Richtung scharf zu sehen.

Ein noch sichereres und sehr werthvolles Kennzeichen ist die verschiedene Gestalt, welche ein Object im Augengrund zeigt, je nachdem es im aufrechten oder umgekehrten Bilde betrachtet wird (Schweigger). Bei der Untersuchung im aufrechten Bilde wirken die Medien des Auges wie eine Loupe; in der Richtung des am stärksten brechenden Meridians ist die Vergrösserung am stärksten, in der Richtung des am schwächsten brechenden Meridians am schwächsten. Eine kreisförmige Figur, wie die Papille des Sehnerven, erscheint daher oval, in der Richtung des am stärksten brechenden Meridians verlängert. — Bei der Untersuchung im umgekehrten Bilde entwerfen die durch eine Convexlinse verstärkten Augenmedien ein reelles Luftbild des Augengrundes, dessen Vergrösse-

rung mit der Abnahme der Krümmung wächst. In der Richtung des am stärksten brechenden Meridians ist also die Vergrösserung am schwächsten, und die Papille erscheint oval, in der Richtung des am schwächsten brechenden Meridians verlängert. Ist z. B. der verticale Meridian von kürzester Brennweite, so erscheint der Sehnerv im aufrechten Bilde längsoval, im umgekehrten queroval.

Es ist bei diesen Untersuchungen dringend erforderlich, die benutzten sphärischen Gläser genau senkrecht zur Sehrichtung zu halten. Jede schiefe Haltung würde einen nicht vorhandenen Astigmatismus vortäuschen, oder einen vorhandenen verdecken können.

Bowman giebt noch folgende einfache Methode an, vermittelst des Augenspiegels den Astigmatismus der Cornea und die Richtung der Hauptmeridiane zu erkennen. Bei weiter Pupille sehe man in der Richtung der Sehnervenpapille ins Auge. Der Spiegel ist in zwei Fuss Abstand zu halten, und seine Neigung schnell zu wechseln, so dass das Licht unter kleinen Winkeln mit dem Loth, und nach einander von verschiedenen Seiten und in verschiedenen Meridianen einfalle. Das Pupillargebiet zeigt dann in einigen Meridianen mehr als in andern eine Art von linearem Schatten.

§ 5. Functionsstörungen des astigmatischen Auges.

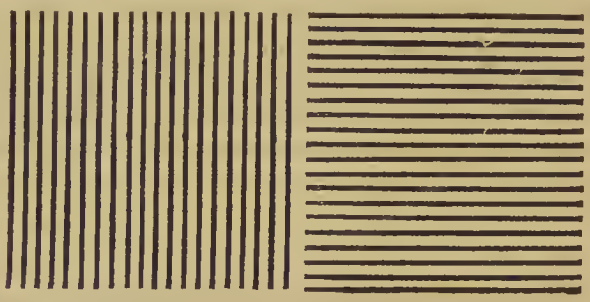
Die Symptome des physiologischen Astigmatismus und die des pathologischen Astigmatismus sind nicht dem Wesen, sondern lediglich dem Grade nach verschieden. Jeder regelmässige Astigmatismus giebt sich durch folgende Symptome kund:

Das Zerstreuungsbild eines Lichtpunktes ist von verschiedener Gestalt, je nachdem der Lichtpunkt sich diesseits oder jenseits der Entfernung befindet, für welche das Auge eingestellt ist. Bei genauster Accommodation erscheint der leuchtende Punkt ungefähr rund, er erscheint in der Richtung verlängert, welche dem Meridian von grösster Brennweite entspricht, wenn das Auge für einen ferneren Punkt accommodirt ist; er erscheint in der entgegengesetzten Richtung (des Meridians von geringster Brennweite) verlängert, wenn das Auge für einen näheren Punkt accommodirt ist. Wenn also, wie gewöhnlich, der verticale Meridian die kürzeste Brennweite hat, so ist das Zerstreuungsbild des leuchtenden Punktes, im

Falle das Auge für einen ferneren Punkt eingerichtet ist, in horizontaler, wenn das Auge für einen näheren Punkt eingerichtet ist, in verticaler Richtung verlängert.

Nahe- und Fernpunkt haben für Linien von verschiedener Richtung eine verschiedene Lage, und die Differenz in dieser Lage ist am grössten für zwei auf einander senkrechte Richtungen, welche den Meridianen von kürzester und längster Brennweite entsprechen. Der Fernpunkt (und ebenso der Nahepunkt) liegt für diejenigen Linien am fernsten, welche in ihrer Richtung dem Meridian kürzester Brennweite entsprechen, also meistentheils am fernsten für nahezu verticale Linien.

Fig. 14.



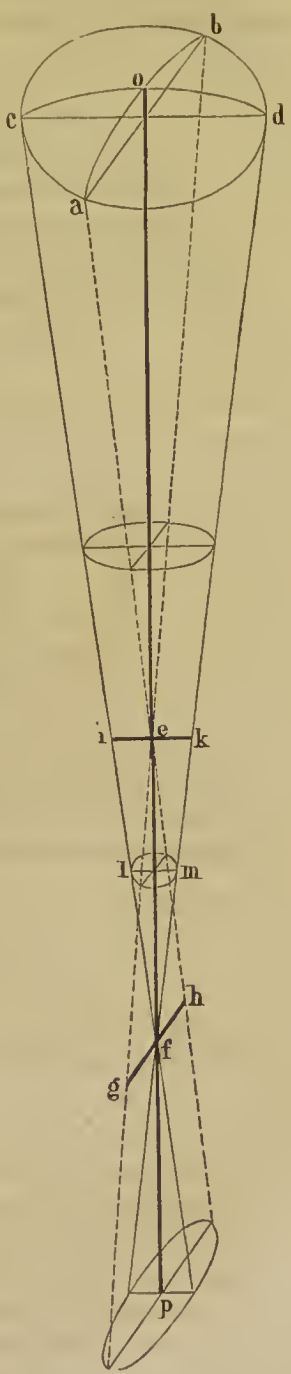
Verticale und horizontale Linien (Fig. 14), überhaupt Linien verschiedener Richtung in derselben Ebene können daher nicht zu gleicher Zeit ganz scharf erscheinen, wie dies auch an den Figuren 18 und 21, pag. 138 und pag. 143, beobachtet werden kann. Der grösste Unterschied der Deutlichkeit zeigt sich an zwei auf einander senkrechten Richtungen, welche den Hauptmeridianen entsprechen *).

Die Betrachtung des Ganges der Lichtstrahlen in einem dioptrischen System, welches dem des Auges entspricht, giebt Aufschluss über beide Erscheinungen. Man denke sich den dioptrischen Apparat repräsentirt durch eine convexe Fläche, welche sich einer kugligen annähert, aber durch eine derartige Asymmetrie von ihr unterscheidet, dass die Krümmung im verticalen Meridian am stärksten, im horizontalen Meridian am schwächsten

*) Alle Symptome des Astigmatismus kann Jeder in beliebigen Graden an sich selbst studiren, wenn er durch Vorhalten eines cylindrischen Glases, oder einer schief gerichteten sphärischen Linse sein Auge astigmätisch macht, resp. den Astigmatismus desselben vermehrt.

ist. Eine solche krumme Fläche, ein Stück eines dreiaxigen Ellipsoids, wird mit der durch Beobachtung und Messung festgestellten Gestalt der Cornea übereinkommen.

Fig. 15.



Es falle nun auf diese Fläche (a c b d Fig. 15.) von einem beliebigen Punkte der Axe ein Strahlenbündel. Die Strahlen, welche in der Ebene des horizontalen Meridians (c o d, in der Ebene der Figur befindlich) liegen, gelangen in dem Punkte f zur Vereinigung. Die Strahlen jedoch, welche in der Ebene des verticalen Meridians (a o b, in einer auf der Ebene der Figur senkrechten Ebene liegend) einfallen, kommen bereits im Punkt e zur Vereinigung, welcher der brechenden Fläche näher liegt. Die letzteren Strahlen divergiren nun wieder, nachdem sie sich in e gekreuzt haben, und nehmen in der Entfernung o f die Linie g h ein, welche gleichfalls auf der Ebene der Figur senkrecht stehend zu denken ist. Die Strahlen der horizontalen Meridianebene c o d, welche, wie vorhin erwähnt, erst in f sich vereinigen, nehmen in der Entfernung o e die Linie i k ein, welche der Ebene der Figur angehört. Diese beiden kleinen geraden Linien g h und i k nun, welche in auf einander senkrecht stehenden Ebenen („im Raum überkreuzt") liegen, sind von besonderer Wichtigkeit, denn in ihnen werden auch alle die Strahlen unseres Bündels, welche in den übrigen Meridianen einfallen, zusammengedrängt, jeder Strahl muss beide Linien in irgend einem Punkte passiren. Nur die in den erwähnten Hauptmeridianen einfallenden Strahlen bleiben in je einer Ebene, und gelangen zur Schneidung (in e und f), die in den übrigen Meridianen einfallenden Strahlen jedoch liegen nicht in je einer Ebene, können sich daher auch nicht schneiden. Die Linien g h und i k werden Brennlinien genannt. Die hintere Brennlinie g h liegt in der Ebene des Me-

ridians von kürzester, die vordere Brennlinie ik in der Ebene des Meridians grösster Brennweite. Der Zwischenraum zwischen beiden Brennlinien, wo alle Strahlen des Bündels am dichtesten zusammengedrängt sind, und sich überkreuzen, heisst Brennstrecke. Das ganze gebrochene Strahlenbündel ist in eine windschiefe Fläche gehüllt*).

Die Querschnitte des Strahlenbündels sind im Allgemeinen Ellipsen von verschiedener Excentricität, nur in den Abständen der Hauptbrennweiten des verticalen und horizontalen Meridians werden die Ellipsen zu geraden Linien (den Brennlinien) und zwischen beiden, inmitten der Brennstrecke, näher der vordern Brennlinie, wird ein Querschnitt kreisförmig (lm), weil hier die Excentricität der Ellipse = o wird. Figur 16 bezeichne den Querschnitt des ungebrochenen Strahlenbündels, vv' sei der Durchschnitt des verticalen, hh' der Durchschnitt des horizontalen Meridians mit der Ebene der Figur. Die folgenden Figuren A bis G (Fig. 17) stellen die Form der Querschnitte des gebrochenen Strahlenbündels in verschiedenen Abständen von der brechenden Fläche dar. A ist ein querelliptischer

Fig. 16.

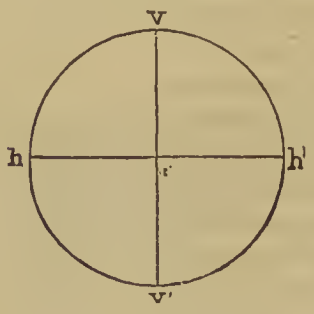
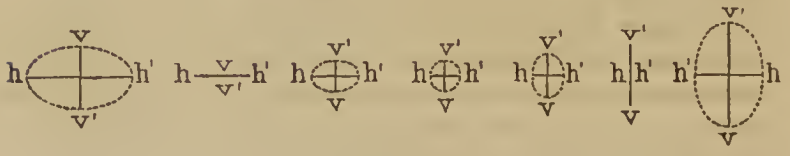


Fig. 17.



Querschnitt vor der Vereinigung, B Querschnitt in der vorderen Brennlinie, wo vv' = o ist, also punktuelle Vereinigung für die Strahlen des verticalen Meridians statt hat, C, D, E successive Querschnitte zwischen beiden Brennlinien, C querelliptisch, D kreisförmig, E längselliptisch, hier haben sich die Strahlen des verticalen Meridians gekreuzt, so dass v' oben, v unten ist, die

*) Ein sehr geeignetes Mittel, sich den Gang der Lichtstrahlen nach der Brechung an einer asymmetrischen Fläche zu veranschaulichen, liefert ein von Knapp angegebenes Modell, in welchem der Gang der Strahlen durch ausgespannte Fäden dargestellt ist, cf. den oben citirten Aufsatz pag. 196.

des horizontalen noch nicht. Erst in der hinteren Brennlinie F vereinigen sich die letzteren zu einem Punkt, und erst jenseits kreuzen auch diese sich, so dass in dem längselliptischen Querschnitt G h' links, h rechts sich befindet.

Hienach kann man sich nun leicht die Form des Zerstreuungsbildes vergegenwärtigen, welche ein leuchtender Punkt im astigmatischen Auge auf der Netzhaut liefern muss. Ein ganz scharf punktuelles Bild kann nie entstehen. Bei möglichst scharfer Accommodation fängt die Netzhaut das Strahlenbündel ungefähr in der Mitte der Brennstrecke auf, wo der Durchschnitt kreisförmig ist, daher erscheint der Punkt rund. Liegt aber der leuchtende Punkt diesseits der Entfernung, für die das Auge accommodirt ist, so rückt die Brennstrecke hinter die Netzhaut, und das Zerstreuungsbild hat die Form, welche der Richtung der vorderen Brennlinie entspricht, d. h. die Form einer Ellipse mit der grossen Axe in der Richtung des Meridians schwächster Krümmung. Liegt endlich der leuchtende Punkt jenseits des Abstandes, für den das Auge eingestellt ist, so kommt die Brennstrecke vor die Netzhaut zu liegen, und das Zerstreuungsbild auf der Netzhaut ist verlängert in der Richtung der hinteren Brennlinie, es ist eine Ellipse, deren grosse Axe im Meridian stärkster Krümmung liegt.

Ebenso leicht erklärt es sich, dass diejenigen Linien in grösstem Abstande scharf gesehen werden, welche die Richtung des Meridians von kürzester Brennweite haben. Wenn man eine gerade Linie von der Richtung des Meridians kürzester Brennweite von jenseits der Fernpunktsgrenzen her dem Auge nähert, so wird die Linie scharf erscheinen, sobald sie sich genau im Abstande des Fernpunktes des am schwächsten brechenden Meridians befindet. Dann nämlich liefert jeder Punkt der Linie zwar ein lineares Netzhautbild von der Richtung der hinteren Brennlinie, oder was dasselbe ist, von der Richtung des am stärksten brechenden Meridians, aber alle diese linearen Netzhautbilder fallen in ihre gegenseitige Verlängerung, und bilden so eine vollkommen scharfe gerade Linie. Eine Linie hingegen von der Richtung des Meridians längster Brennweite, muss in diesem Abstande undeutlich und verbreitert erscheinen, weil jeder Punkt ein auf der Richtung dieser Linie senkrechtes lineares Netzhautbild liefert. Eine solche Linie muss, damit sie scharf gesehen werde, dem Auge mehr genähert werden und zwar so weit, dass sie sich im Fernpunkt des am stärksten brechenden Meridians befindet. Alsdann liefert jeder Punkt der Linie ein lineares Netzhautbild von der Richtung der vorderen Brennlinie, und da dann die Richtung der einzelnen linearen Netzhautbilder mit der Richtung der Linie selbst zusammenfällt, wird die Linie scharf und deutlich gesehen.

Die Beurtheilung der Dimensionen fällt verschieden aus in verschiedenen Meridianen, theils wegen ungleicher Grösse der Netzhautbilder, theils wegen Irradiation bei ungenauer Accommodation. Da Linien von gleicher Länge in den zwei entgegengesetzten Richtungen nicht gleich gross gesehen werden, so entsteht eine ungenaue Beurtheilung der Form der Objecte. Ein Quadrat erscheint als ein Rechteck, ein Kreis als eine Ellipse; alle Objecte scheinen in der Richtung des Meridians kürzester Brennweite verlängert.

Der Grund hievon liegt darin, dass, je kürzer die Brennweite ist, um so mehr die Knotenpunkte von der Netzhaut abstehen, und um so grösser die Netzhautbilder ausfallen.

Ein Unterschied in der Form und Grösse der Netzhautbilder wird übrigens hervortreten müssen, je nachdem der eine oder der andere Hauptmeridian auf den Abstand der betrachteten Figur eingestellt ist. Wenn der Meridian grösster Brennweite eingestellt ist, so werden Abstände in der Richtung des Meridians kürzester Brennweite, welche ohnehin schon wegen der Lage der Knotenpunkte grösser erscheinen, noch mehr vergrössert durch die in gleicher Richtung ausgedehnten Zerstreuungsbilder. Wenn hingegen der Meridian kürzester Brennweite eingestellt ist, so werden die Abstände in der Richtung des Meridians grösster Brennweite durch die Zerstreuungsbilder vergrössert; es wird also der durch die Knotenpunktslage gegebene Unterschied in der Vergrösserung in den Richtungen beider Hauptmeridiane vermindert resp. ausgeglichen. Die Ellipse, welche das astigmatische Auge statt eines Kreises sieht, wird also am wenigsten von der Kreisform abweichen, wenn der Meridian grösster Brennweite, am meisten, wenn der Meridian kürzester Brennweite für den Abstand des Kreises accommodirt ist.

Die beschriebenen Unvollkommenheiten der Netzhautbilder, welche durch den Astigmatismus bedingt werden, beeinträchtigen natürlich die Schärfe des Sehvermögens, und um so mehr, je höher der Grad des Astigmatismus ist. Allein erst bei den höheren Graden des regelmässigen Astigmatismus — über $\frac{1}{40}$ —, welche daher als pathologisch angesehen werden müssen, leidet die Sehschärfe merklich, und kann bis auf $S = \frac{1}{5}$ herabsinken. Diese astigmatische Amblyopie ist dann stets angeboren.

Je weiter die Pupille ist, um so umfangreicher sind die Zerstreuungsbilder, um so mehr wird die Sehschärfe herabgesetzt.

Donders hat für einzelne Fälle den Einfluss der Asymmetrie auf die Netzhautbilder berechnet. Befindet sich z. B. bei einem Astigmatismus $= \frac{1}{7}$ die Netzhaut in möglichst günstiger Einstellung, so dass die linearen Zerstreuungsbilder jedes Punktes in den Meridianen stärkster und schwächster Krümmung von gleicher Grösse sind, dass also jedes Zerstreuungsbild nahezu kreisrund ist, so entspricht die Grösse dieses Zerstreuungsbildes etwa einem Winkel von über 40 Minuten. Bedenkt man, dass bei vollkommener Sehschärfe Buchstaben unter einem Winkel von 5 Minuten erkannt werden, dann bekommt man eine Vorstellung, in wie hohem Maasse die genannten Zerstreuungskreise der Sehschärfe Abbruch thun müssen.

Knapp giebt an, bei mittleren Graden bis zu $\frac{1}{19}$ noch normale Sehsehärfe gefunden zu haben. Ich kann dies jedoch durchaus nicht bestätigen, muss vielmehr die von Donders angenommene Grenze zwischen physiologischem und pathologischem Astigmatismus $\left(\frac{1}{40}\right)$ als richtig getroffen anerkennen. Allerdings wird in Fällen von Astigmatismus unter $\frac{1}{24}$ oft nicht ausdrücklich über Sehschwäche geklagt (höchstens über schnellere Ermüdung der Augen, verminderte Leistungsfähigkeit bei künstlicher Beleuchtung), aber die genauere Prüfung weist den Mangel sofort nach, und die Correction mit dem passenden Cylinderglase erhöht die Sehschärfe um ein sehr Merkliches. Wo die Sehstörung auffallend gering war, findet man nach der Correction die Sehsehärfe erheblich höher als $= 1$.

Die Sehstörung beim Astigmatismus ist eigenthümlicher Natur und unterscheidet sich wesentlich von Amblyopie aus andern Ursachen, so wie von den Sehstörungen bei einfacher Ametropie. Sie besteht nicht in Unsicherheit und Ungenauigkeit der Wahrnehmung und Verschwinden des feineren Details in Contour, Schattirung und Färbung wie bei eigentlicher Amblyopie, nicht in Verundeutlichung durch einen diffusen Lichtnebel, wie bei Trübungen der brechenden Medien, nicht endlich in einem blossen gleichmässigen Verschwimmen aller Contouren, wie bei falscher optischer Einstellung. Die Gegenstände erscheinen vielmehr in Form und Schattirung verändert, und für feinere Objecte, z. B. kleine Buchstaben ist dies von solcher Bedeutung, dass ihre wahre Gestalt nicht mehr erkannt werden kann.

Statt einer scharfen, bestimmten Wahrnehmung der Formen handelt es sich mehr um ein Erkennen durch Errathen und Com-

biniren. Buchstaben erscheinen stark verzogen, theils aus schwarzen, theils aus grauen Linien zusammengesetzt. Linien von gewissen Richtungen werden ganz undeutlich, Linien von andern Richtungen dagegen scharf gesehen, die schwächeren Verbindungslinien fehlen oft ganz. Der Zeiger einer Uhr wird in gewissen Stellungen deutlich, in andern undeutlich gesehen.

Die Umrisse haben etwas Unruhiges, zuweilen Flimmerndes, was theils von geringen Zerstreuungssäumen, theils von unstät wechselnder Accommodation herrührt. Die gesehenen Bilder verändern sehr auffällig ihre Gestalt bei Aenderung des Abstandes, und fast noch mehr bei seitlicher Neigung des Kopfes. Sämmtliche Buchstaben erscheinen das eine Mal stark verlängert, wie auseinander gereckt, so dass die Zwischenräume der Zeilen kleiner werden, die Zeilen sich fast berühren; das andere Mal so stark verbreitert, dass die benachbarten Buchstaben in einander laufen, und sich theilweise verdecken. Die Theilstriche eines Maassstabes, die Schraffirung eines Kupferstiches werden nur bei einer bestimmten Kopfneigung erkannt.

Die Richtung der Hauptmeridiane ist nicht ohne Einfluss auf die Sehschärfe für gewisse Sehobjecte. Vielleicht hängt es damit zusammen, dass, wie Javal bemerkt haben will, viele Astigmatiker den Kopf nach der Seite des schlechteren Auges neigen. Für das mehr oder weniger geläufige und bequeme Lesen einer Schrift kommt es darauf an, ob verticale oder horizontale Linien in den Buchstaben vorherrschen. Kugel fand z. B., dass die grossen lateinischen Buchstaben der Snellenschen Próben besser bei horizontalen als bei verticalen Zerstreuungslinien von gleicher Länge erkannt wurden. Deutsche Lettern sollen hingegen bei verticalen Zerstreuungsbildern besser gesehen werden, ebenso sehr kleine lateinische.

Gleichzeitig macht sich der nie ganz fehlende unregelmässige Astigmatismus geltend, und veranlasst zuweilen monoculare Diplopie oder Polyopie (cf. unten den betreffenden Abschnitt). Die Bilder treten in der Richtung eines Hauptmeridians aus einander, und zwar desjenigen, in welchem die Refraction am meisten von dem verlangten Accommodationszustande abweicht. Die Doppelbilder können daher, je nach der augenblicklichen Accommodation, bald neben, bald über einander stehen. Sehr kleine Buchstaben oder einzelne Punkte erscheinen in zwei bis drei ganz getrennten Bil-

dern, von denen eines, das Hauptbild, deutlich und schwarz, die andern schwach und hellgrau zu sein pflegen. Bei grösseren Buchstaben decken sich die Bilder zum Theil, und nur an den Enden ragen die Nebenbilder mehr oder weniger hervor. Das monoculare Mehrfachsehen ist oft nicht permanent vorhanden, sondern erst intensivere und längere accommodative Anstrengung lässt die Nebenbilder hervortreten, oder deutlich wahrnehmbar werden. Dann aber stören dieselben begreiflich das Sehen sehr bedeutend.

Das Bestreben, aus den verunstalteten, bei schnell wechselnder Accommodation ihr Aussehen ändernden Bildern, die wahren Formen der Objecte zu errathen, hat Asthenopie zur Folge, theils eine Ermüdung der Accommodation, theils eine psychische Ermüdung, welche das längere Fortsetzen feinerer Arbeit erschwert. Namentlich bei Hyperopen wird dadurch das Eintreten asthenopischer Beschwerden stark befördert; die Abhängigkeit der Asthenopie vom Astigmatismus geht dann sehr deutlich aus dem Verschwinden nach optischer Correction des Astigmatismus hervor.

Bei enger Pupille sieht das astigmatische Auge besser, da die Zerstreuungsbilder dann kleiner sind. Astigmatiker erkennen daher bei heller Beleuchtung schärfer, bei ungenügender, besonders künstlicher Beleuchtung haben sie grosse Mühe, und werden viel rascher von Asthenopie befallen.

Zukneifen der Augen, so dass nur ein schmaler Theil der Pupille offen bleibt, bessert das Sehen. Gleichwohl wird dies Hülfsmittel nur von Wenigen benutzt. Dagegen besteht die Neigung, die Objecte nahe zu nehmen, theils um den Gesichtswinkel zu vergrössern, theils um die mit der Accommodationsspannung verbundene Verengerung der Pupille zu benutzen. Kurzsichtige werden, da sie die Objecte ohne Mühe aus grösserer Nähe betrachten können, durch den Astigmatismus viel weniger gestört, als hyperopische Astigmatiker gleichen Grades.

Bei guter ausgiebiger Accommodation ist der Astigmatismus weniger störend, als wo diese fehlt. Vorübergehende Schwäche, Indisposition, welche die Herrschaft über die Accommodation einschränkt, beeinflusst daher auch das Sehvermögen.

Das Binocularsehen ist dem Astigmatiker von besonderem Werth, wenn, wie fast immer, die Refraction sich in beiden Augen

abweichend verhält, am meisten, wenn ein in gewissem Sinne entgegengesetztes Verhalten stattfindet, so dass z. B. das eine Auge horizontale Linien scharf sieht, während gleichzeitig das andere die verticalen Linien scharf sieht. Dann ergänzen die Wahrnehmungen des einen Auges die des andern auf sehr vortheilhafte Weise, und bewirken wesentlich vollkommnere Gesammteindrücke.

Bemerkenswerth ist eine gewisse Indifferenz astigmatischer Augen gegen sphärische Gläser. Sowohl positive als negative Gläser von mässiger Stärke äussern einen sehr geringen, oder gar keinen Einfluss auf das Sehen. Es ist daher auch schwierig, oder ohne besondere Vorkehrungen unmöglich, eine vorhandene Ametropie genau dem Grade nach zu bestimmen. Die Ursache ist in der Länge der Brennstrecke zu suchen, deren Durchschnitte als wenig verschiedene Zerstreuungsbilder sämmtlich in nahezu gleichem Grade störend sind.

Die Sehschärfe wird beim Sehen durch eine schmale Spalte verbessert, namentlich dann, wenn deren Richtung mit einem der beiden Hauptmeridiane zusammenfällt (denn nur dann bleiben die gebrochenen Strahlen ziemlich genau in derselben Ebene).

§ 6. Diagnose und Gradbestimmung des regelmässigen Astigmatismus.

Herabsetzung der Sehschärfe führt auf die Vermuthung eines die physiologischen Grenzen überschreitenden regelmässigen Astigmatismus, wenn die Sehstörungen den so eben angeführten Charakter tragen, wenn insbesondere bei congenitaler Amblyopie Linien von verschiedener Richtung mit sehr verschiedener Schärfe erkannt werden, wenn ein ferner Lichtpunkt deutlich in einer Richtung verlängert erscheint, wenn eine schmale Spalte, oder ein schwaches Cylinderglas in gewisser Stellung gehalten, das Sehen merklich verbessert.

Um zur Sicherstellung und Vervollständigung der Diagnose den Grad des Astigmatismus zu prüfen, hat man den Refractionsunterschied in den beiden Hauptmeridianen zu ermitteln. Daher ist es zuvörderst nothwendig, die Richtung der Hauptmeridiane genau festzustellen. Hiezu dienen verschiedene Methoden, die einander ergänzen und controlliren können.

Es muss vorausgeschickt werden, dass die Gradbestimmung des Astigmatismus stets im Zustande accommodativer Entspannung zu geschehen hat, weil der Nahepunkt keiner hinreichend sicheren und genauen Bestimmung fähig ist, weil ferner der Einfluss der Convergenz auf den Brechzustand aus dem Spiel zu lassen ist, weil endlich durch die Accommodation für die Nähe der Astigmatismus möglicherweise eine Veränderung erleiden könnte. Erforderlichenfalls ist die volle accommodative Ruhe durch Mydriatica zu erzielen.

Um nicht durch eine zu enge Pupille den Astigmatismus unschädlich zu machen, macht man die Prüfung am besten bei recht mässiger Beleuchtung.

1. Die Hauptmeridiane werden angegeben durch die Richtungen, in welchen nach einander ein Lichtpunkt verlängert gesehen wird, wenn man ihn von jenseits der Accommodationsgrenze dem Auge nähert. Die Richtung, in welcher bei der Annäherung der Punkt zuerst verlängert erscheint, bezeichnet die Richtung der hinteren Brennlinie, oder was gleichbedeutend ist, den Meridian stärkster Krümmung. Nöthigenfalls kann man bei dem Versuch ein zu entferntes Accommodationsbereich mehr in die Nähe des Auges verlegen, indem man die Brechkraft des Auges durch ein sphärisches Convexglas verstärkt. Auch lässt sich die Annäherung des Lichtpunktes ersetzen durch abwechselndes Vorhalten schwacher Convex- und Concavgläser, so dass das Auge abwechselnd schwach myopisch und hyperopisch wird.

Als Lichtpunkt diene auf 10—15 Fuss Abstand eine runde Oeffnung von 2—4 Mm. Durchmesser in einem Schirm, hinter welchem eine matte Glasscheibe auf hellem Hintergrunde sich befindet.

Donders bedient sich zu den Prüfungen eines schwarzen viereckigen Brettchens von 35 Cm. Höhe und Breite, in dessen Mitte sich ein durchbohrtes metallenes Plättchen befindet, mit einem verschiebbaren Diaphragma mit Oeffnungen von ½ bis 10 Mm. Durchmesser. Dies Brettchen wird vor die mattgeschliffene oder mit ölgetränktem Papier bedeckte Glasscheibe gestellt.

2. Zu dem nämlichen Zwecke dient die successive Annäherung einer vielstrahligen (Fig. 18) oder einer aus zahlreichen concentrischen Kreisen gebildeten Figur (Fig. 19).

Derjenige Strahl, welcher alsdann in Fig. 18 zuerst deutlich gesehen wird, markirt die Richtung des Meridians stärkster Krümmung; diejenige Richtung, in welcher Fig. 19 zuerst scharf und schwarz erscheint, markirt die Richtung des Meridians schwächster Krümmung.

Fig. 18.

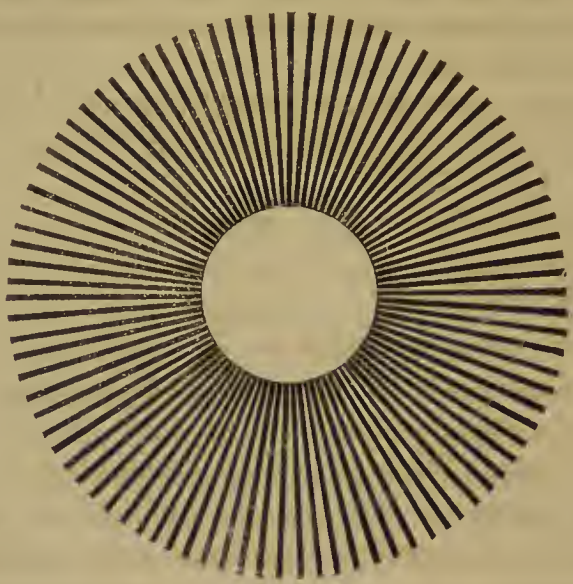
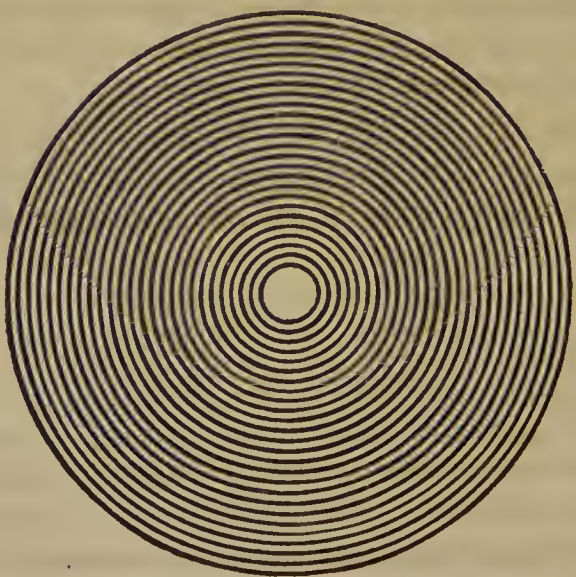


Fig. 19.



Auch eine ungefähre, vergleichsweise Schätzung des Grades des vorhandenen Astigmatismus gewährt diese schon für physio-

logische Grade sehr empfindliche Probe. Je schmäler und je deutlicher abgegrenzt der scharf erscheinende Theil beider Figuren ist, um so höher ist der Grad des Astigmatismus.

3. Die Stellungen, in welchen beim Herumdrehen einer vor dem Auge befindlichen schmalen Spalte die schärfsten Bilder, z. B. von Schriftproben entstehen, in welchen die Sehschärfe also am meisten gehoben wird, geben gleichfalls die Richtungen der Hauptmeridiane an.

4. Ebenso die Stellungen, in welchen beim Herumdrehen eines vor das Auge gehaltenen, den Astigmatismus ungefähr corrigirenden Cylinderglases das Maximum und das Minimum der Sehschärfe stattfindet. Im ersten Falle erhält man die Differenz, im zweiten die Summe der astigmatischen Wirkung von Glas und Auge. (Die Lage der Krümmungsaxe eines positiven Cylinderglases entspricht dem Meridian geringster Brennweite, die Lage der Krümmungsaxe eines negativen Cylinderglases dem Meridian grösster Brennweite.)

Durch Benutzung eines schwach cylindrischen Glases (z. B. $\frac{1}{80}$ c oder $-\frac{1}{80}$ c) gewinnt man ein sehr empfindliches und zuverlässiges, dabei auch ungemein einfaches und bequemes Mittel, sowohl die niedrigsten Grade von regelmässigem Astigmatismus nachzuweisen, als die Richtung der Hauptmeridiane zu bestimmen.

Wo es sich um grössere Genauigkeit handelt, kann man das Glas (oder das mit einer Spalte versehene Plättchen) in einen Ring einfügen, welcher sich in einem zweiten, mit einer Gradtheilung versehenen Ringe dreht, auf dem der Stand des Glases abgelesen werden kann. Dabei ist für aufrechte Haltung des Kopfes Sorge zu tragen. (Zu gewöhnlichen praktischen Zwecken ist solche Genauigkeit jedoch nicht erforderlich.) Man ermittelt nun, bei welcher Stellung des Glases Buchstaben am schärfsten erkannt, dunkle und helle Linien gleichmässig in der Richtung der beiden Hauptmeridiane gleich scharf gesehen werden, ferner wo ein entfernter Lichtpunkt rund erscheint, und bei abwechselnder Vorstellung eines schwach negativen oder positiven Glases, z. B. $-\frac{1}{30}$ und $\frac{1}{30}$, zwar grösser wird, aber die runde Form behält (Donders).

Nachdem man die Richtung der Hauptmeridiane ermittelt hat, kann man in jedem derselben nach den bekannten Regeln den Refractionszustand bestimmen, am besten, indem man durch eine schmale Spalte hindurch in jenen beiden Richtungen nach einander

das stärkste convexe, resp. das schwächste concave Glas ermittelt, mit dem in der Ferne scharf gesehen wird, mit dem also der ferne Lichtpunkt rund erscheint. Dazu ist es nothwendig, dass für beide Bestimmungen vollständige Erschlaffung der Accommodation, oder genau gleiche Spannung derselben stattfinde. Um dessen ganz sicher zu sein, ist es namentlich bei bestehender Hyperopie gerathen, die Accommodation durch Atropin aufzuheben.

Der Grad des Astigmatismus ist nun sofort gegeben durch die Differenz der Refractionszustände in beiden Hauptmeridianen. Es sei z. B. gefunden in einem Hauptmeridian Myopie $= \frac{1}{20}$, in dem darauf senkrechten M $= \frac{1}{10}$, so ist As $= \frac{1}{10} - \frac{1}{20} = \frac{1}{20}$, oder es bestehe in einem Hauptmeridian Emmetropie, im andern Hyperopie $= \frac{1}{24}$, so ist As $= \frac{1}{24} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{24}$. Wäre endlich in einem Hauptmeridian Myopie $= \frac{1}{24}$, im andern Hyperopie $= \frac{1}{48}$, so betrüge der As $= \frac{1}{48} + \frac{1}{24} = \frac{1}{16}$.

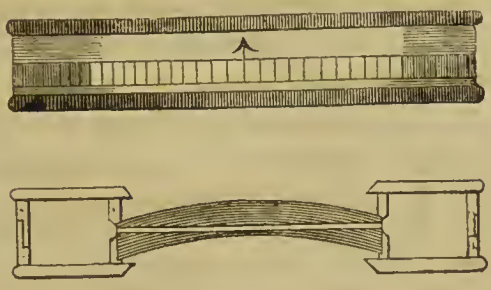
Diese Methode, welche ausser dem Grade des Astigmatismus zugleich die Refraction in beiden Hauptmeridianen kennen lehrt, und somit den Brechzustand des Auges erschöpfend feststellt, ist eben deshalb in gewissem Sinne die vorzüglichste. Nur ist sie etwas umständlich und zeitraubend, und da sie eine Anzahl Bestimmungen nöthig macht, mehrfachen Fehlern unterworfen. Man hat daher, um Zeit zu ersparen, und grössere Genauigkeit zu erreichen, andere Verfahrungsweisen zur Prüfung des Astigmatismus ersonnen, welche indessen gleichfalls nicht ganz frei von Nachtheilen sind.

Ein bequemes, wenn auch nicht sehr genaues Mittel zur directen Bestimmung des Grades des Astigmatismus ist die astigmatische Linse von Stokes. Dieselbe besteht aus zwei cylindrischen Gläsern von gleicher Brennweite (10 Zoll) *), das eine ist positiv, das andere negativ, beide in der Weise in zwei

*) Andere Instrumente bestehen aus zwei Cylindern von je 20 Zoll positiver und negativer Brennweite, liefern also einen maximalen Astigmatismus von $\frac{1}{10}$ und solche verdienen für den gewöhnlichen Gebrauch den Vorzug. Die Stokesschen Linsen werden von den Optikern Paetz & Flohr in Berlin zum Preise von 3 Rthlr. hergestellt. Eine Sammlung planeylindrischer convexer und concaver Linsen im Etui liefern dieselben in verschiedener Vollständigkeit für den Preis von 15 bis 30 Rthlr.

mit einander verbundenen Ringen befestigt, dass sie gegen einander drehbar sind. (Fig. 20. Die obere Figur giebt die Seitenansicht, die untere den Durchschnitt.)

Fig. 20.



In der Ausgangsstellung sind beide Cylinderaxen parallel, und die astigmatische Wirkung ist = 0. Die letztere tritt erst hervor, wenn eine Drehung erfolgt, so dass die Cylinderaxen einen Winkel mit einander bilden, und der Astigmatismus nimmt zu, bis der Drehungswinkel 90° beträgt. In jeder dieser Stellungen wirkt der Apparat, wie zwei mit ihren Axen rechtwinklich zu einander gestellte cylindrische Gläser, ein positives und ein negatives, von gleicher Brennweite, d. h. wie eine bicylindrisch concav-convexe Linse. Man kann so successiv alle Grade von Astigmatismus von 0 bis $\frac{1}{5}$ erzeugen, und der Apparat ersetzt daher bis zu einem gewissen Grade eine ganze Sammlung cylindrischer Gläser.

Der Grad des von dem Apparat in jeder Stellung repräsentirten Astigmatismus berechnet sich nach der Formel As = m sin α, wo α der Winkel ist, den beide Cylinderaxen mit einander bilden, und m der bei der Drehung von 90° zu erzielende stärkste Astigmatismus (im obigen Falle $\frac{1}{5}$). Zur Erleichterung des Gebrauches giebt die auf dem äusseren Ringe befindliche Scala gleich den dem Drehungswinkel entsprechenden Grad von Astigmatismus an.

Die Anwendung des Stokes'schen Apparats ist folgende: Man stellt denselben so ein, dass er ungefähr dem nach der Sehstörung zu vermuthenden Grade von Astigmatismus entspricht, also beispielsweise bei einer Sehschärfe = $\frac{1}{2}$ etwa auf As $\frac{1}{16}$. Während des Anschauens einer Schriftprobe dreht man den Apparat vor dem Auge langsam herum, und achtet darauf, ob eine Besserung der Sehschärfe eintritt. In der Stellung, in welcher am schärfsten gesehen wird (welche also die Richtung eines Hauptmeridians be-

zeichnet) vermehrt oder vermindert man die Wirkung der astigmatischen Linse, so lange bis das Maximum der Deutlichkeit erreicht ist. An der Scala liest man dann den durch einen Zeiger markirten Grad des vorhandenen Astigmatismus ab. Erforderlichenfalls verbindet man sphärische Gläser mit der astigmatischen Linse, namentlich bei Hyperopie Convexgläser, um in der Nähe Leseproben anstellen zu können.

Die Refraction des Auges wird durch die Stokessche Linse modificirt, da die Correction des Astigmatismus in der Weise erfolgt, dass um die eine Hälfte des Betrages des Astigmatismus die Brechkraft des am stärksten brechenden Meridians verringert, um die andere Hälfte die Brechkraft des am schwächsten brechenden Meridians vermehrt wird. Diese künstlich erzeugte Refractionsänderung muss bei der Verordnung der Brille berücksichtigt werden. (Ausführlicheres über die praktische Anwendung findet man in dem citirten Aufsatze Schweiggers pag. 185.)

Man sieht, dass bei dieser Messungsmethode das Resultat von einer etwaigen Veränderung des Accommodationszustandes während der Prüfung unabhängig ist. Eine solche würde beide Hauptmeridiane in gleichem Grade betreffen, und nur der Unterschied in der Brechkraft beider wird durch die Stokessche Linse gemessen.

Ein anderer complicirterer Apparat, von E. Javal angegeben, und nicht sehr passend binoculares Optometer genannt*), dient gleichfalls zur directen Bestimmung des Grades des Astigmatismus.

Das Instrument ist einem beweglich auf einem Stativ stehenden Stereoskop ähnlich gebaut, mit positiven Ocularen von etwa 3 Zoll Brennweite versehen. Nach Art stereoskopischer Bilder sind zwei gleiche Kreise neben einander so gezeichnet, dass der Abstand ihrer Mittelpunkte dem durchschnittlichen Abstande beider Augen von einander gleichkommt. In dem einen Kreise sind eine Anzahl Durchmesser gezogen, und ringsum an der Peripherie die Zahlen von 1—12 so vertheilt, wie auf dem Zifferblatt einer Uhr (cf. Fig. 21).

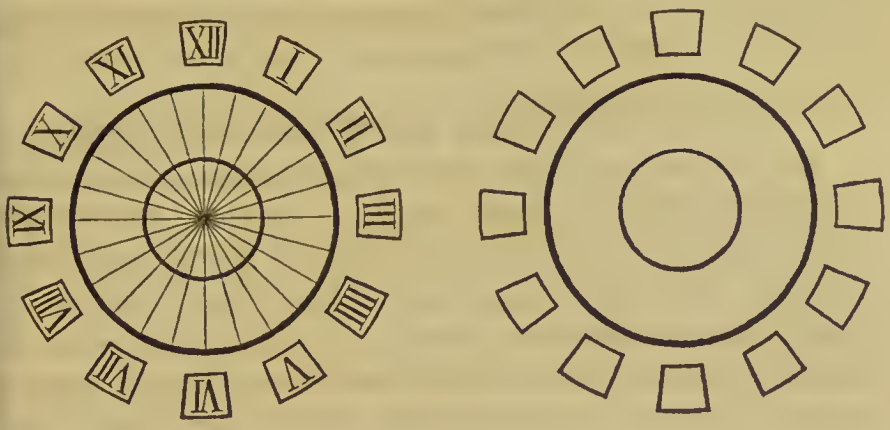
Bei paralleler Augenstellung verschmelzen die Kreise, und man sieht in der Verschmelzungsfigur innen die Durchmesser, aussen die Zahlen. Die parallele Augenstellung zwingt die Augen, constant in dem Accommodationszustande für die Ferne zu verharren.

---

*) Das binoculare Optometer wird von Nachet et fils in Paris (rue Saint-Sévérin 17.) für den Preis von 100 Fr. gefertigt.

Die Tafel mit den Figuren wird nun durch eine Schraube weiter und weiter vom Auge entfernt, bis alle Kreisdurchmesser blass

Fig. 21.



und undeutlich werden bis auf einen. Die Richtung dieses letzteren, welcher den Meridian kürzester Brennweite anzeigt, kann dann leicht nach den Zahlen bezeichnet werden. Nun werden negative cylindrische Gläser vor das zu prüfende Auge gebracht, deren Axen lothrecht auf der Richtung des am stärksten brechenden Meridians stehen. Vermittelst eines einfachen Mechanismus reicht die Combination einer geringen Zahl cylindrischer Linsen hin, um die ganze Reihe der für die Praxis erforderlichen Nummern herzustellen. Mit den schwächsten anfangend, geht man zu stärkeren über, so lange bis dasjenige gefunden ist, mittelst dessen alle Durchmesser mit gleicher Schärfe und Schwärze gesehen werden. Hiemit ist der Grad des Astigmatismus und die Lage der Hauptmeridiane für ein Auge gefunden. Nach Umkehrung der Tafel wird in gleicher Weise das zweite Auge geprüft.

Findet binoculare Fixation nicht statt, oder ist es aus irgend einem Grunde nicht möglich, binoculare Verschmelzung zu erzielen, so prüft man jedes Auge einzeln, indem man demselben die mit Strahlen versehene Figur gegenüberstellt.

Das Javalsche Instrument besitzt unstreitige Vorzüge, und hat sich mir als praktisch recht brauchbar erwiesen, wiewohl einige, übrigens leicht abstellbare, Mängel nicht in Abrede zu stellen sind. Eine wesentliche Vervollkommnung würde ich darin

erblicken, wenn das Instrument ausser dem Grade des Astigmatismus zugleich den Refractionszustand in beiden Hauptmeridianen genau kennen lehrte. Da dieser durch den Abstand der Figurentafel vom Ocular gegeben ist, bedarf es nur einer Veranstaltung zum Ablesen dieses Abstandes, oder einer Scala, welche, wie bei dem Burow'schen Optometer, direct die wahren Fernpunktsabstände verzeichnet.

§ 7. Sitz und Ursachen des regelmässigen Astigmatismus.

Die Erscheinungen des regelmässigen Astigmatismus können auf zweierlei Weise zu Stande kommen. Einmal dadurch, dass eine oder mehrere der Trennungsflächen der dioptrischen Medien statt einer sphärischen eine asymmetrische Gestalt haben, in der Weise, dass die Krümmung zwischen zwei auf einander senkrecht stehenden Hauptmeridianen von grösster und geringster Krümmung allmählich zunimmt. Sodann dadurch, dass von den verschiedenen annähernd sphärischen Flächen eine oder mehrere mit ihren Axen gegen die Axe des Systems schräg geneigt sind.

Beiden Ursachen entsprechend kann jedes normale Auge in beliebigem Grade astigmatisch gemacht werden, sowohl durch cylindrische Gläser, als durch schief vorgehaltene sphärische Gläser. Beide Ursachen kommen auch im menschlichen Auge zur Geltung, sowohl bei den geringeren sich in physiologischen Grenzen bewegenden, als bei den höheren pathologischen Graden von Astigmatismus. Letzterer, der pathologische Astigmatismus, ist daher nicht dem Wesen, sondern nur dem Grade nach von dem physiologischen unterschieden.

Die Asymmetrie ist an der Hornhaut mit dem Ophthalmometer nachgewiesen, und aufs Genaueste gemessen worden (Knapp, Donders); sie scheint in den meisten Fällen den grössten Theil des Astigmatismus zu verursachen. Für die Linse ist ein so directer Nachweis nicht möglich. Die Betheiligung der Linse muss aber erschlossen werden, wenn die gemessene Asymmetrie der Hornhaut mit der Asymmetrie des ganzen Systems nicht übereinstimmt, und es ist berechnet worden, dass in der Regel auch eine astigmatische Wirkung der Linse statt hat. Dieselbe ist geringer als bei der Hornhaut, und meistentheils von ungefähr entgegengesetztem Sinne, so dass der Meridian stärk-

ster Krümmung für die Linse eine mehr der horizontalen sich nähernde Richtung hat. In vielen Fällen compensirt daher der Astigmatismus der Linse den Astigmatismus der Hornhaut theilweise, und nur der Ueberschuss des letzteren kommt zur Geltung, in andern Fällen summirt sich die Wirkung beider. Die Richtung der Hauptmeridiane des ganzen dioptrischen Apparats aber erleidet mannigfaltige Modificationen durch das gegenseitige Verhältniss des Astigmatismus von Hornhaut und Linse.

Es ist im speciellen Falle schwer zu ermitteln, ob der Astigmatismus der Linse durch asymmetrische Gestalt der Oberflächen oder durch Schiefstellung der Linse begründet ist, jedenfalls kommt beides vor.

Ob der Grad des Astigmatismus während des ganzen Lebens unwandelbar bleibt, oder ob er ausser durch Hornhauterkrankungen mit nachfolgenden Krümmungsveränderungen noch sonst modificirt werden kann, — ob der Grad des Astigmatismus bei allen Accommodationszuständen genau der nämliche bleibt, oder ob die Accommodationsthätigkeit unter irgend welchen Umständen einen vorhandenen Astigmatismus vermehren, vermindern, verändern kann, — ob wie Giraud-Teulon wohl nur conjecturirt, Astigmatismus der Linse durch eine besondere Art von Accommodationsspasmus, eine ungleichmässige Contraction des Ciliarmuskels bewirkt werden kann — das sind zur Zeit noch offene Fragen.

Regelmässiger Astigmatismus ist fast stets angeboren und unveränderlich, zuweilen hereditär. Krankheiten der Hornhaut können zwar durch Krümmungsveränderungen regelmässigen Astigmatismus herbeiführen, der indess meist mit bedeutendem, unregelmässigem Astigmatismus und oft mit Hornhauttrübungen verbunden ist. Auch durch Schiefstellung der Linse in Folge partieller Luxation kann der Astigmatismus erworben werden.

Niedere Grade von Astigmatismus sind so häufig, dass kaum ein Auge zu finden ist, das gänzlich frei davon wäre; aber auch die höheren Grade sind keineswegs selten, da Donders gefunden hat, dass unter 40—50 Augen eines in einem die Sehschärfe merklich beeinträchtigenden Grade astigmatisch ist.

In hyperopischen Augen wird Astigmatismus überwiegend häufig gefunden, nicht selten ausserdem mit anderweitiger Amblyopie gepaart. Nach Donders leidet unter sechs hyperopischen Augen eines an pathologischem Grade von Astigmatismus, und auch an den meisten anderen ist der physiologische Astigmatismus stärker als

bei emmetropischer oder myopischer Refraction. Namentlich gehört bei hohen Graden von Hyperopie stärkerer Astigmatismus fast zur Regel, so dass ein naher Zusammenhang beider Anomalieen angenommen werden muss.

Myopischer Astigmatismus ist seltener, nach Donders Erfahrung kommt auf acht Fälle von Astigmatismus nur ein Fall von myopischem Astigmatismus.

Den reinsten Formen von regelmässigem Astigmatismus begegnet man in linsenlosen, namentlich in glücklich an Cataract operirten Augen. Mit der Linse ist die Hauptquelle des unregelmässigen Astigmatismus entfernt, und nur der regelmässige Astigmatismus bleibt übrig, der die oben aufgeführten Symptome oft auf die allerschärfste Weise nachzuweisen gestattet.

Wo ein Auge astigmatisch ist, ist es meist auch das zweite, aber nicht immer in demselben Grade und derselben Form. Nicht selten zeigt die Richtung der Hauptmeridiane bedeutende Unterschiede. Bei einseitigem Astigmatismus soll Asymmetrie der Gesichtsbildung beobachtet werden (Donders).

§ 8. Behandlung des regelmässigen Astigmatismus.

Einer wirklichen Heilung ist, wie alle Refractions-Anomalieen, so auch der Astigmatismus nicht zugänglich, dagegen kann sein Einfluss auf das Sehen durch optische Correction beseitigt, oder bis zu einem gewissen Grade unschädlich gemacht werden.

Der regelmässige Astigmatismus wird durch cylindrische Brillengläser corrigirt, wenn nicht mit mathematischer Genauigkeit, so doch in völlig ausreichendem Maasse. Das Cylinderglas hat die Wirkung, die Strahlen, welche in einer auf seiner Axe senkrechten Ebene einfallen, am stärksten, die Strahlen dagegen, welche in der Ebene der Axe einfallen, gar nicht in ihrer Richtung zu verändern; in den zwischen jenen beiden Ebenen liegenden Einfallsebenen findet ein allmähliches Wachsthum der Strahlenbrechung statt. So ist es möglich, den Unterschied, welcher im astigmatischen Auge in der Brechkraft, zunächst der Hauptmeridiane, dann auch der übrigen Meridiane besteht, auszugleichen.

Auch mittelst in bestimmter Richtung schief vor das Auge gehaltener sphärischer Gläser kann man eine Correction

erzielen, doch sind diese praktisch viel weniger anwendbar (cf. den Zusatz unten pag. 152).

Eine vollkommen genaue Correction des Astigmatismus ist weder durch cylindrische, noch durch schief gehaltene sphärische Gläser zu erreichen. Einige, freilich oft in keiner Weise nachweisbare Verziehung der Objecte wird selbst bei sorgfältigster Correction des Astigmatismus bestehen bleiben. Hat man auch ein genaues Zusammenfallen der hinteren Brennpunkte des dioptrischen Systems in den verschiedenen Meridianen erreicht, so ist dies doch mit den übrigen Cardinalpunkten, namentlich den Knotenpunkten nicht der Fall, und die, wenn auch sehr geringfügigen Verschiedenheiten in dieser Beziehung ergeben einige Unterschiede in der Bildgrösse, in den verschiedenen Meridianen des Auges. Die Objecte erscheinen nach Correction des Astigmatismus ein wenig verlängert in der Richtung, welche derjenigen, in welcher die Verlängerung vorher stattgefunden hat, entgegengesetzt ist. Um diese nur bei stärkeren Gläsern in Betracht kommenden Störungen möglichst zu verringern, dienen folgende Maassregeln. 1) Der Abstand der Gläser vom Auge sei so gering als möglich. 2) Bei Anwendung sphärisch-cylindrischer Gläser wende man diejenige Seite dem Auge zu, wobei der Knotenpunkt der cylindrischen Fläche dem Auge am nächsten liegt. 3) Man wähle das cylindrische Glas eher etwas zu schwach als zu stark.

Zur Correction des Astigmatismus wird eine Cylinderlinse erfordert, welche dem Grade des Astigmatismus genau entspricht; der nämliche Ausdruck bezeichnet den Grad des Astigmatismus und die Brechkraft der corrigirenden Cylinderlinse. As $= \frac{1}{10}$ wird durch eine Cylinderlinse von 10 Zoll Brennweite aufgehoben.

Die oben (§ 6.) angegebenen Verfahren zur Präcisirung der Diagnose des Astigmatismus führen zugleich zur genauen Kenntniss des Correctionsmittels, der Stärke und Stellung der erforderlichen Brille. Man wird indessen wohl thun, mag man auch der besten Methode sich bedient haben, stets mittelst einer zweiten Methode Controllversuche zur Bestätigung, resp. Berichtigung des gefundenen Resultates anzustellen, am besten das zu verordnende Glas probeweise vor das Auge zu appliciren und zu erforschen, ob es allen Anforderungen genügt. Das Ausprobiren zwischen den benachbarten Nummern darf man sich selbst bei der genausten Bestimmung nicht ersparen, wofern man nicht bloss eine Bes-

serung, sondern die grösstmöglichste Vervollkommnung des Sehens erzielen will.

Das corrigirende Cylinderglas kann positiv, auch negativ sein *). Im ersteren Falle muss seine Axe in die Ebene des Meridians kürzester Brennweite fallen, das Glas ertheilt dem am schwächsten gekrümmten Meridian dieselbe Brennweite, wie sie der Meridian stärkster Krümmung besitzt. Im zweiten Falle, wenn die Cylinderlinse negativ ist, muss ihre Axe in die Ebene des Meridians grösster Brennweite fallen, damit die Brennweite des am stärksten gekrümmten Meridians vermehrt, und der Brennweite des am schwächsten gekrümmten Meridians gleich gemacht werde.

Ob die eine oder die andere Correctionsweise vorzuziehen ist, wird von dem Refractionszustande in dem am meisten ametropischen Hauptmeridian abhängen. Den stärker hyperopischen Hauptmeridian wird man durch ein convexes Cylinderglas auf die geringere Hyperopie des andern Hauptmeridians bringen, — den stärker myopischen Hauptmeridian durch ein concaves Cylinderglas auf die geringere Myopie des andern Hauptmeridians.

Wenn ausser dem Astigmatismus noch die Ametropie des Auges zu neutralisiren ist, so ist die cylindrische Krümmung des Glases mit einer sphärischen, oder mit einer zweiten auf der ersten senkrechten cylindrischen Krümmung zu combiniren. Ob und in wie weit es zweckmässig und vortheilhaft ist, die vorhandene Refractionsabweichung optisch zu corrigiren, richtet sich nach den allgemeinen für diese Zustände geltenden Regeln.

Folgende Arten cylindrischer Gläser kommen zur Anwendung.

1) Einfach cylindrische Gläser, positive sowohl als negative, entweder mit einer planen und einer cylindrischen, oder mit zwei cylindrischen Flächen von parallelen Axen, zu bezeichnen mit $\frac{1}{L}$c. Dieselben sind anwendbar z. B. bei einfach myopischem oder einfach hyperopischem Astigmatismus, wo sie den Meridian, in dem Myopie resp. Hyperopie besteht, emmetropisch machen.

2) Bicylindrische Gläser mit einer convexen und einer

*) Es kann auch ein bicylindrisches concav-convexes Glas sein (z. B. die Stokessche Linse cf. pag. 140), welches dann einen Refractionszustand herstellt, welcher zwischen den Refractionszuständen der beiden Hauptmeridiane in der Mitte liegt.

concaven cylindrischen Fläche mit vertical auf einander gerichteten Axen, daher zu bezeichnen mit $\frac{1}{L}$ c $\overline{|-\frac{1}{L}}$ c. Solche Gläser sind beispielsweise anwendbar bei gemischtem Astigmatismus, wo die positiv cylindrische Fläche die Hyperopie des einen, die negativ cylindrische Fläche die Myopie des andern Hauptmeridians corrigirt und das Auge in allen Meridianen emmetropisch macht.

3) Sphärisch-cylindrische Gläser mit einer sphärischen und einer cylindrischen Fläche, beide positiv oder beide negativ, zu bezeichnen durch $\frac{1}{L}$ s ⊂ $\frac{1}{L}$ c oder $-\frac{1}{L}$ s ⊂ $-\frac{1}{L}$ c. Anwendbar sind sie bei zusammengesetzt myopischem und hyperopischem Astigmatismus. Die sphärische Krümmung corrigirt die den beiden Hauptmeridianen gemeinsame Myopie oder Hyperopie, je nach den Umständen ganz oder zum Theil, die cylindrische Krümmung den dann übrig bleibenden Astigmatismus.

Bicylindrischer Gläser mit gekreuzten Axen und zwei convexen oder zwei concaven Flächen bedarf man ebensowenig wie sphärisch-cylindrischer Gläser mit einer convexen und einer concaven Fläche. Erstere werden vortheilhaft durch sphärisch-cylindrische, letztere durch bicylindrische mit einer convexen und einer concaven Fläche ersetzt, weil auf solche Weise geringere Krümmungen zur Anwendung kommen.

Einige Beispiele mögen die Anwendung der Cylindergläser erläutern in Fällen, wo Correction sowohl des Astigmatismus als der Ametropie erzielt werden soll.

Einfach myopischer Astigmatismus:

Am $= \frac{1}{15}$ wird corrigirt durch $-\frac{1}{15}$c

Einfach hyperopischer As:

Ah $= \frac{1}{15}$ wird corrigirt durch $\frac{1}{15}$c

Zusammengesetzt myopischer As:

M $\frac{1}{10}$ + Am $\frac{1}{15}$ wird corrigirt durch $-\frac{1}{10}$s ⊂ $-\frac{1}{15}$c

Zusammengesetzt hyperopischer As:

H $\frac{1}{10}$ + Ah $\frac{1}{15}$ wird corrigirt durch $\frac{1}{10}$s ⊂ $\frac{1}{15}$c

Gemischter As:

M $\frac{1}{10}$ + H $\frac{1}{20}$ wird corrigirt durch $\frac{1}{20}$c $\overline{|-\frac{1}{10}}$c

Beabsichtigt man nicht das Auge emmetropisch zu machen, den Fernpunkt nicht auf ∞, sondern auf eine bestimmte endliche

Entfernung zu bringen, so belehrt eine einfache Berechnung über die Wahl des Glases. Man hat nur zu dem für die unendliche Ferne geltenden Correctionsglase den Werth einer sphärischen Linse von der Brennweite des gewünschten Fernpunktsabstandes hinzuzufügen. Es soll z. B. bei M $\frac{1}{10}$ + Am $\frac{1}{15}$ die Myopie nur soweit corrigirt werden, dass der Fernpunkt auf 20 Zoll Abstand zu liegen kommt. Dann ist $\frac{1}{20}$ mit dem für die Ferne geltenden Correctionsglase $-\frac{1}{10}$s ⊂ $-\frac{1}{15}$c zu combiniren; man erreicht also den Zweck mit $-\frac{1}{20}$s ⊂ $-\frac{1}{15}$c.

Wenn sich dabei aber ein sphärisch-cylindrisches Glas ergiebt mit einer positiven und einer negativen Fläche (was dann der Fall ist, wenn der gewünschte Fernpunkt zwischen den Fernpunkten der beiden Hauptmeridiane liegt), so ist es zweckmässiger, ein bicylindrisches Glas zu wählen, dessen concav-cylindrische Fläche den Fernpunkt für den am stärksten brechenden Meridian auf den gewünschten Abstand hinausschiebt, dessen convex-cylindrische Fläche den Fernpunkt für den am schwächsten brechenden Meridian auf den gewünschten Abstand heranrückt. Die beiden Krümmungen findet man dadurch, dass man den reciproken Werth des verlangten Fernpunktsabstandes addirt zu beiden reciproken Werthen der Fernpunkte in beiden Hauptmeridianen. Ist z. B. bei M $\frac{1}{20}$ + Am $\frac{1}{20}$ der Fernpunkt auf 15 Zoll zu bringen, so wird das erreicht durch das bicylindrische Glas $\frac{1}{60}$c $\overline{|\ -\frac{1}{30}\text{c}}$. Oder soll bei gemischtem Astigmatismus M $\frac{1}{10}$ + H $\frac{1}{20}$ der Fernpunkt auf 30 Zoll verlegt werden, so geschieht dies am besten durch $\frac{1}{12}$c $\overline{|\ -\frac{1}{15}\text{c}}$.

Man hat beim Gebrauch cylindrischer Gläser allemal sorgfältig darauf zu achten, dass die Axen der Krümmungsflächen genau in den Ebenen der Hauptmeridiane des dioptrischen Apparats liegen; jede Abweichung hat erhebliche Störungen in der Deutlichkeit des Sehens zur Folge.

Durch Bewegungen des Auges, welche mit Drehung um die Sehaxe verknüpft sind, wird die Uebereinstimmung in der Lage der Cylinderaxe und des Hauptmeridians gestört, und dadurch muss das Sehen etwas undeutlicher werden. Dahin gehören schon alle stärkeren seitlichen Bewegungen, denn auch bei diesen erfolgt eine nicht ganz unbedeutende Sehaxendrehung. Allein ich

habe niemals bemerkt, dass daraus eine nennenswerthe Störung entspringt, die erheblicher ist als diejenige, die auch beim Gebrauch sphärischer, nicht periskopischer Gläser hervortritt.

Durch die möglichst genaue Correction des regelmässigen Astigmatismus wird die Sehschärfe bedeutend gehoben, und wenn nicht noch andere Ursachen der Amblyopie obwalten, selbst der normalen Sehschärfe gleich gemacht. Mit der Amblyopie werden auch die Folgebeschwerden, accommodative oder muskulare Asthenopie u. s. w. beseitigt, und die dauernde Benutzung der Augen wesentlich erleichtert. Der Nutzen der optischen Correction ist in dieser Hinsicht oft ein sehr eclatanter, und wird von den Patienten, die nun zum ersten Male kennen lernen, was Scharfsehen ist, mit grosser Freude begrüsst, oft in den überschwenglichsten Ausdrücken gerühmt. Les verres cylindriques ont complétement changé mon existence, sagt Javal, der nur einen sehr mässigen pathologischen Astigmatismus zu corrigiren hatte. Und in der That, nichts kann frappanter sein, als eine so plötzlich eintretende Verschärfung unserer wichtigsten Sinneswahrnehmungen.

Nicht immer ist der durch die cylindrischen Gläser erzielte Nutzen der gleiche. Während die Sehschärfe in vielen Fällen vollkommen normal gemacht, zuweilen selbst über das durchschnittliche Normalmaass erhoben wird, bleibt sie in anderen Fällen trotz sorgsamster Correction unvollkommen, ja bei deutlich nachweisbarem regelmässigem Astigmatismus kann der Nutzen des Correctionsglases ein sehr geringfügiger sein. Wenn es sich hiebei nicht um eine angeborne Amblyopie handelt, liegt der Grund in dem begleitenden unregelmässigen Astigmatismus, der in Abnormitäten der Linse seinen Ursprung hat, und bei vorhandenem regelmässigem Astigmatismus oft ungewöhnlich ausgebildet ist. So regelmässig und optisch corrigirbar die Asymmetrie der Hornhaut zu sein pflegt, so wenig regelmässig ist in der Regel die Asymmetrie der Linse, und daher giebt die Correction des von der Linse herrührenden Astigmatismus viel weniger befriedigende Resultate.

Auch geringe Grade von regelmässigem Astigmatismus wird man insbesondere dann mit Vortheil durch cylindrische Gläser corrigiren, wenn wegen vorhandener Ametropie ohnehin schon eine Brille getragen wird oder indicirt ist, während andernfalls die Unannehmlichkeiten des Brillentragens durch eine sehr spärliche Zunahme der Sehschärfe kaum aufgewogen werden möchten. In

jenem Falle habe ich selbst durch Correction eines sonst noch für physiologisch zu haltenden Astigmatismus $\left(\frac{1}{50} - \frac{1}{60}\right)$ einen nicht zu verachtenden Vortheil für die leichte und ausdauernde Verwendung der Augen erfolgen sehen.

Zum Schluss noch einige Worte über die Correction des Astigmatismus durch schief gestellte sphärische Gläser.

Ein auf eine sphärische Glaslinse schief auffallendes Strahlenbündel hört nach der Brechung auf homocentrisch zu sein. Statt eines gemeinsamen Brennpunktes tritt wie bei asymmetrischen Trennungsflächen eine Brennstrecke auf. Zugleich wird die ablenkende Kraft des Glases in Bezug auf jene schief auffallenden Strahlen in allen Meridianen erhöht, am meisten in demjenigen Meridiane, in welchem eine durch die Axe des Strahlenbündels auf die Ebene der Linse senkrecht stehende Ebene die Linse schneidet, am wenigsten in dem auf jenem ersteren senkrecht stehenden Meridiane. Mit zunehmender Schrägstellung des Glases, d. h. mit Abnahme des Winkels, den der Axenstrahl des Bündels mit der Linsenaxe macht, wächst die Brechkraft und die astigmatische Wirkung, man kann also mit einem und demselben Glase, wenn es unter verschiedenem Winkel zur Sehaxe geneigt wird, verschiedene Grade von regelmässigem Astigmatismus herstellen, resp. corrigiren.

Astigmatiker erreichen durch die geeignete Drehung sphärischer Gläser eine sehr befriedigende Verbesserung ihrer Sehschärfe. Der hyperopische Astigmatiker hat das sphärische Convexglas um den in der Ebene des Meridians kürzester Brennweite liegenden Durchmesser, der myopische Astigmatiker das sphärische Concavglas um den in der Ebene des Meridians grösster Brennweite liegenden Durchmesser zu drehen. Die verschiedensten Gläser sind dazu brauchbar, nur müssen sie schwächer sein, als zur Correction der begleitenden Ametropie in dem am wenigsten ametropischen Meridian erforderlich ist. Je schwächer das Glas, desto mehr muss es um die erwähnten Durchmesser als Axe gedreht werden, gleichgiltig ob nach der einen oder nach der andern Seite. Vollständige Correction des Astigmatismus erfolgt dann, wenn der Betrag des durch das schief gehaltene sphärische Glas erzeugten Astigmatismus gerade dem Astigmatismus des Auges gleich ist,

wenn also die Brennstrecke des astigmatischen Auges auf einen Punkt reducirt ist. Die Sehschärfe kann dadurch auf dieselbe Höhe gebracht werden, wie durch ein cylindrisches Glas; in mehreren Fällen konnte ich dieselbe durch die verschiedensten Gläser bei den angemessenen Drehungswinkeln auf $^5/_4$ bis $^4/_3$ steigern.

Für einfach-hyperopischen und einfach-myopischen Astigmatismus ist diese Correctionsweise sehr wenig geeignet. Wollte man z. B. einen einfach-hyperopischen Astigmatismus durch ein sphärisches Convexglas corrigiren, so würde man das Auge zugleich myopisch machen. Zusammengesetzter Astigmatismus lässt sich in gewissen Grenzen gleichzeitig mit der Ametropie corrigiren, doch kann von der praktischen Anwendbarkeit der Methode den cylindrischen Brillen gegenüber kaum die Rede sein. Nur bei Aphakie kann man nach Donders mit Vortheil von einer schiefen Stellung des Staarglases Gebrauch machen. Auch habe ich gefunden, dass sich kurzsichtige Astigmatiker mit geringer Accommodationsbreite sehr gut einer sphärisch-concaven Lorgnette für ein Auge bedienen können, um bei verschiedenen Drehungswinkeln in verschiedenen Abständen scharf zu sehen.

B. Der unregelmässige Astigmatismus.

§ 1. Definition des unregelmässigen Astigmatismus. Physiologischer und pathologischer Grad desselben.

Jede Ungenauigkeit und Unregelmässigkeit der Brechung im Auge nennen wir unregelmässigen Astigmatismus. Die von einem Punkte ausgehenden Strahlen gelangen dabei nach der letzten Brechung im Auge nicht in einem Punkte zur Vereinigung; auch besteht nicht, wie bei regelmässigem Astigmatismus, eine regelmässige, durch zwei Brennlinien begrenzte Brennstrecke, sondern das gebrochene Strahlenbündel hat eine unbestimmte Form, und bildet auf der Netzhaut unter allen Umständen eine unregelmässige Zerstreuungsfigur. Dabei sind nicht nur die Brennweiten der verschiedenen Meridiane des dioptrischen Systems ungleich und ohne gesetzmässige Anordnung und Reihenfolge, es kann auch in den einzelnen Meridianen die Brechung so unregelmässig erfolgen, dass

nicht einmal die in einer Meridianebene das Auge treffenden Strahlen sich in einem Punkte vereinigen.

Der Grund der unregelmässigen Brechung liegt entweder in Abnormitäten in der Krümmung der Trennungsflächen (der vordern Hornhautoberfläche, beider Linsenoberflächen), oder in Ungleichmässigkeiten in der Beschaffenheit der durchsichtigen Medien des Auges (beschränkten Dichtigkeitsänderungen).

Es giebt verschiedene Formen von unregelmässigem Astigmatismus, die indessen zur Zeit noch zu wenig untersucht sind, um eine systematische Trennung zu gestatten *).

Auch hier hat man zunächst zu unterscheiden einen physiologischen unregelmässigen Astigmatismus, welcher allen normalen Augen zukommt, und einen pathologischen, welcher mit erheblicheren Sehstörungen verbunden ist.

Der erstere, der physiologische, ist bedingt durch Ungleichheiten in der Structur und Dichtigkeit der Linse, daher er fehlt, wenn die Linse entfernt ist, es bleibt dann nur etwas regelmässiger Astigmatismus übrig. Der pathologische unregelmässige Astigmatismus kann in einer Steigerung des physiologischen beruhen, häufiger hat er seine Ursache in Abnormitäten der Cornea.

§ 2. Objective Kennzeichen des unregelmässigen Astigmatismus.

Unter den objectiven Kennzeichen des irregularen Astigmatismus sind die wichtigsten:

1) Unregelmässige Hornhautspiegelung, Irregularitäten in Bezug auf Form und Reinheit der Reflexbilder der Hornhaut.

2) Die Oberfläche der Iris erscheint bei Krümmungsanomalieen der Hornhaut unregelmässig, wellig, zeigt auch Helligkeitsunterschiede.

3) Vermittelst der Focalbeleuchtung, nöthigenfalls unterstützt durch das Cornealmikroskop, kann man direkt Formveränderungen, feine Trübungen in Hornhaut und Linse entdecken, ebenso Linsenverschiebungen etc.

4) Der Augenspiegel zeigt uns den Augengrund des unregelmässig astigmatischen Auges in ähnlichen optischen Veränderungen, wie sie die auf demselben entstehenden Netzhautbilder darbieten,

*) Eine in mancher Hinsicht eigenthümliche Form ist beispielsweise von Pope (Archiv f. Ophth. IX. 1. pag. 43) beschrieben worden.

so dass man eine objective Controlle für die subjektiven Wahrnehmungen gewinnt. Die Papille, die Netzhautgefässe erscheinen undeutlich, unregelmässig verzerrt, zuweilen doppelt oder mehrfach, die Formen und Contouren ändern sich mit der Richtung, in welcher man sieht, also auch mit Verschiebung des zur Untersuchung im umgekehrten Bilde dienenden Convexglases. Dabei gewahrt man oft sehr auffallende und merkwürdige scheinbare Bewegungen der Theile des Augengrundes, Verschiebungen der Linien über und gegeneinander, scheinbare Krümmungen und Knickungen der Netzhautgefässe.

Ausführlicheres über die erwähnten, besonders die ophthalmoskopischen Zeichen bei unregelmässigem Astigmatismus findet sich in Knapps citirtem Vortrage. Hier sei nur der Grund der scheinbaren Verschiebungen und Formveränderungen der Theile des Augengrundes angegeben: „Der durch eine convexere Hornhautstelle gesehene Theil eines Gefässes erscheint im umgekehrten Bilde weniger vergrössert und dem beobachteten Auge näher gelegen, als der durch die flachere Hornhautpartie gesehene Gefässtheil. Daher werden bei Bewegungen der Convexlinse die Bewegungen jenes Theils viel weniger ausgiebig sein, als diejenigen dieses Theils. Ihre gegenseitige Entfernung muss sich also ändern, was auf uns den Eindruck macht, als ob sie sich gegeneinander verschöben. Die stärker vergrösserten, dem Auge ferner gelegenen, also die durch die weniger convexe Hornhautstelle gesehenen Theile verschieben sich dabei in derselben Richtung, wie die Convexlinse, die andern entgegengesetzt."

§ 3. Functionsstörungen des Auges durch unregelmässigen Astigmatismus.

Der physiologische unregelmässige Astigmatismus giebt sich kund:

1) Durch monoculare Polyopie. Ein schwarzer Punkt, diesseits oder jenseits der Accommodationsgrenzen des mit einem Convexglase versehenen Auges gebracht, zerfällt in eine Menge unregelmässig gelagerter, kleiner, grauer und farbiger Pünktchen, anstatt einen regelmässigen Zerstreuungskreis zu liefern, wie es bei regelmässiger Brechung der Fall sein müsste. Die Gegenwart von gleichzeitig vorhandenem regelmässigem Astigmatismus verräth sich durch eine längliche Form der Zerstreuungsfigur, und die Verlängerung erfolgt abwechselnd in zwei einander entgegengesetzten

Richtungen, je nachdem der Punkt sich diesseits oder jenseits des Abstandes befindet, für den das Auge eingestellt ist (cf. pag. 127).

Eine Linie zerfällt unter den obigen Umständen in mehrere parallele Linien. Ein weisser Punkt auf dunklem Grunde zeigt ähnliche Erscheinungen wie der schwarze Punkt, doch sieht man die Nebenpünktchen strahlenartig verlängert und farbig. Diese Erscheinungen bilden eine Hauptursache der Irradiation.

2) Ein heller Lichtpunkt ausserhalb der Accommodationsgrenzen z. B. ein Stern am Himmel, eine ferne Laterne, zeigt unregelmässige Strahlen.

3) Das entoptische Spectrum, welches entsteht, wenn man einen Lichtpunkt ganz nahe vor das Auge bringt, zeigt radiale Lichtlinien, welche mit den eben erwähnten Strahlen im Zusammenhang stehen.

Diese Erscheinungen (deren genauere Beschreibung man in Helmholtz' physiologischer Optik findet) haben ihre gemeinsame Ursache in der Zusammensetzung der Krystalllinse aus radialen Sectoren, welche sich in Bezug auf Bau und Lichtbrechung nicht vollkommen gleich verhalten. Die Bilder, welche von jedem Sector erzeugt werden, fallen nur unvollkommen oder gar nicht zusammen, selbst bei möglichst genauer Accommodation erfolgt nur theilweise und unvollständige Deckung. Daraus entspringt natürlich einige Unvollkommenheit des Sehens und die physiologische Sehschärfe variirt je nach den grösseren oder minderen Verschiedenheiten im Bau der Linse. Manche Nachtheile des physiologischen irregulären Astigmatismus werden durch das binoculare Sehen ausgeglichen, wo die beiden Bilder sich gegenseitig ergänzen, und ihre Mängel corrigiren.

Unvollkommenes Zusammenfallen der optischen Axen der einzelnen Sectoren der Linse scheint mit im Spiele zu sein, wenigstens hat Pope dadurch, dass er eine in Sectoren zerstückelte Glaslinse so zusammenkittete, dass die Flächen aus der richtigen Lage etwas verschoben wurden, ähnliche Bilder (von Lichtlinien) erhalten, wie sie das Auge liefert.

Sind die Sehstörungen durch unregelmässige Brechung von solcher Bedeutung, dass die Sehschärfe unter den durchschnittlichen Betrag (S = 1) herabsinkt, so muss der unregelmässige Asti-

gmatismus als pathologisch betrachtet werden. Folgende Symptome sind hier zu bemerken:

1. Amblyopie, und zwar Herabsetzung des directen oder indirecten Sehens oder beides, kommt in den verschiedensten Graden vor, und ist abhängig von unregelmässiger Zeichnung oder Abnahme in der Lichtstärke der Netzhautbilder, von vermehrter Irradiation bei möglichst genauer Accommodation, von farbigen Säumen, ferner von allgemeiner Blendung, welche den Contrast des hellen Netzhautbildes gegen die dunkle Umgebung abschwächt, endlich von ungenügender Accommodation, indem z. B. bei konischer Hornhautausbuchtung zuweilen zwar noch ein erträglich gutes Bild entworfen werden kann, welches aber wegen der abnormen Krümmung der Kegelspitze so weit vor der Netzhaut liegt, dass sie nur sehr starke Zerstreuungsbilder empfängt. Die Sehstörungen sind um so bedeutender, je weiter die Pupille ist.

2. Blendung. Durch halbdurchsichtige Substanz z. B. Trübungen der Hornhaut oder Linse, welche gleichsam selbstleuchtend nach allen Seiten Licht aussenden, ebenso durch umschriebene Erhabenheiten und Vertiefungen auf den Trennungsflächen, besonders der Hornhautvorderfläche, wird Licht auf die ganze Netzhaut verbreitet, ein allgemeiner Lichtnebel, welcher das Gefühl der Blendung erzeugt und die Sehschärfe beeinträchtigt.

Auch im normalen Auge findet einige Lichtdiffusion statt. Wenn man ein intensives Licht vor einem ganz dunkeln Grunde betrachtet, so erscheint der Grund mit einem nebligen weissen Scheine übergossen, der in der Nähe des Lichtes am hellsten ist. Sowie man das Licht verdeckt, erscheint der umgebende Grund in seiner natürlichen Schwärze. Der Grund dieser Lichtzerstreuung lässt sich objectiv darlegen. Wenn man durch eine Brennlinse starkes Licht auf die Cornea oder Linse concentrirt, wird das an den Grenzen ihrer Elementarbestandtheile reflectirte Licht stark genug, um sie weisslich trübe erscheinen, und ihre gröbere Anordnung erkennen zu lassen (Helmholtz).

3. Verzerrtsehen, Metamorphopsie. Die Objecte erscheinen in veränderter, verzerrter Gestalt, können bei sehr ungenauer Brechung ganz unkenntlich werden.

Besonders auffallend ist das Krummsehen gerader Linien, und das unregelmässig wellenförmige Aussehen von Kreislinien, welches sowohl bei manchen Hornhautflecken beobachtet wird, als auch

besonders häufig bei Anomalieen in der Lage der Netzhaut, partieller Ablösung derselben mit Vordrängung oder Einziehung durch Schrumpfung bei Choroideal- und Netzhautleiden. Diese letzteren Erscheinungen können aber kaum noch unter den Begriff des irregulären Astigmatismus subsumirt werden.

4. Monoculare Diplopie und Polyopie. Es werden, namentlich bei mangelhafter Accommodation, aber oft auch bei möglichst richtiger Einstellung, zwei oder mehrere Bilder des Gegenstandes mehr oder minder deutlich von einander geschieden gesehen, indem durch ungleichmässige Dichtigkeit der Linsensubstanz, sowie durch umschriebene Krümmungsveränderungen der vorderen Hornhautfläche mehrere Netzhautbilder von dem Sehobject entworfen werden.

Das monoculare Mehrfachsehen tritt bisweilen nur periodisch auf, ist überhaupt veränderlich. Starke accommodative Anstrengungen, einen auf das Auge ausgeübten Druck, z. B. längeres Zukneifen der Augen, habe ich wiederholt für kurze Dauer, selbst für mehrere Stunden die deutlichste Polyopie hervorrufen sehen, von der sonst bei grösster Aufmerksamkeit nichts bemerkt wurde. Von dem gleichzeitigen Einfluss des regelmässigen Astigmatismus auf das Mehrfachsehen ist bereits oben (pag. 134) die Rede gewesen.

§ 4. Ursachen des unregelmässigen Astigmatismus.

Die Ursachen des physiologischen unregelmässigen Astigmatismus sind bereits namhaft gemacht worden (pag. 156). Als Ursachen der pathologischen Grade sind folgende anzuführen:

In erster Reihe stehen hier Krümmungsanomalieen, welche die Hornhaut ganz oder theilweise betreffen, und sehr häufig die Folgen von Entzündungsprocessen sind. Partielle Ausbuchtungen entstehen, wenn die erweichte Hornhaut dem von innen her wirkenden Drucke nachgiebt und dann erst später die normale Resistenz wiedergewinnt. Eine eigenthümliche Form von Ausbuchtung bildet die konische Hornhautectasie, Keratoconus, wo ungefähr die Mitte, oder ein dicht daneben gelegener Theil der Hornhaut die abgestumpfte Spitze eines Kegels bildet. Die höheren Grade dieses Uebels führen enorm grosse Sehstörungen mit sich, bis zu fast völliger Blindheit. An der stumpfen Spitze des Konus findet sich eine sehr starke Krümmung, welche die extremste Myopie zur Folge hat, während die Seitentheile von sehr flacher Krümmung sind. Von einer Vereinigung der die Hornhaut treffenden

Lichtstrahlen zu einem nur einigermassen scharfen Bilde kann unter solchen Umständen nicht die Rede sein, um so weniger, da auch die verschiedenen Meridiane grosse Unterschiede in der Krümmung zeigen. Schon die geringeren Grade von Keratoconus, wo die Diagnose aus der Profilansicht noch nicht gleich gemacht werden kann, sind die Sehstörungen oft schon erheblich, und dem entsprechend auch das ophthalmoskopische Bild des Augengrundes sehr undeutlich. Letzteres schützt vor der häufig vorkommenden Verwechslung mit wahrer Amblyopie.

Auch unregelmässige Abflachung, welche gleichfalls im Gefolge mancher Hornhauterkrankungen beobachtet wird, derer insbesondere, welche mit Schrumpfung endigen, verursacht unregelmässige Brechung, zuweilen mit hyperopischer Refraction verbunden. Wunden der Cornea, Staarextractionen, besonders mit nachfolgendem Irisvorfall, werden sehr gewöhnlich Ursache von Krümmungsänderung der Hornhaut und unregelmässigem Astigmatismus. Vertiefungen auf der Hornhaut in Folge von unvollkommen ersetzten Substanzverlusten, sog. Resorptionsgeschwüre und Facetten, überhaupt jede Art von unregelmässiger Beschaffenheit der Hornhautoberfläche sind hier zu nennen. Viele von diesen Anomalieen der Hornhaut sind mit grösseren und geringeren Trübungen der Hornhaut und mit optisch sehr nachtheiligen Dichtigkeitsabweichungen in ihrer Substanz verbunden. Auch letztere allein ohne Krümmungsänderung können sehr störend wirken, selbst sehr feine Trübungen, welche der Untersuchung mit blossen Augen entgehen, und erst bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit mit focaler Beleuchtung nachgewiesen werden, können die Brechung sehr unregelmässig machen, so dass man bei ophthalmoskopischer Untersuchung erstaunt ist, ein sehr unvollkommenes und unruhiges veränderliches Bild des Augengrundes zu erhalten.

Vorübergehende Sehstörungen der wechselndsten Art entstehen durch schleimiges oder Thränensecret, welches zuweilen an der Hornhautoberfläche haftet, und theils spontan, theils durch den Lidschlag nach Menge, Form und Lage fortwährend wechselt.

Von Seiten der Linse kann auf mehrfache Weise Ursache zu Unregelmässigkeiten der Strahlenbrechung gegeben werden. Die Ungleichartigkeit in der Structur kann das normale, physiologische

Maass überschreiten und die Sehschärfe unter den physiologischen Durchschnitt herabmindern. Mit vorrückendem Alter nimmt die Elasticität der Linse ab, und die Ungleichmässigkeit der Structur zu, daher denn auch die Sehschärfe sich verringert.

Das periodisch auftretende Mehrfachsehen ist wohl auf eine unvollkommene und ungleiche Elasticität der einzelnen Sectoren der Linse (Verschiebbarkeit der Sectoren gegeneinander?) und daraus hervorgehende Zunahme der Asymmetrie zu beziehen.

Cataractöse Trübungen der Linse bringen natürlich bedeutendere Unregelmässigkeiten mit sich, besonders in der Periode ihrer ersten Entstehung. Beginnende Cataracte sehen wir daher oft durch monoculares Doppeltsehen oder Mehrfachsehen eingeleitet.

Ferner kann Verschiebung der Linse, durch traumatische oder spontane Luxation entstanden, Ursache von unregelmässigem Astigmatismus sein. Die Störungen sind namentlich dann bedeutend, wenn der Linsenrand im Bereich der Pupille liegt. Es besteht dann monoculares Doppeltsehen, indem ein Netzhautbild mit Hülfe der Linse, das andere ohne die Linse zu Stande kommt.

Anomalieen des Kammerwassers und Glaskörpers sind viel seltenere und weniger wichtige Ursachen von unregelmässiger Strahlenbrechung. Am meisten wird das Sehvermögen beeinträchtigt durch diffuse Trübungen, sowie durch grössere zusammenhängende Membranen, die sich zuweilen im Glaskörper bilden, viel weniger durch die so häufige mit kleineren beweglichen Opacitäten verbundene Verflüssigung des Glaskörpers.

§ 5. Behandlung des unregelmässigen Astigmatismus.

Eine optische Correction des unregelmässigen Astigmatismus ist, eben der Unregelmässigkeit halber, im Allgemeinen nicht möglich. In vielen Fällen kann man das Sehvermögen dadurch verbessern, dass man den Einfall diffusen Lichtes und unregelmässig gebrochener Lichtstrahlen hindert. Stenopäische Brillen mit einer feinen Oeffnung, oder einer schmalen Spalte halten das Licht von pathologisch veränderten Theilen der Hornhaut oder der Linse ab, und lassen es nur durch die einer regelmässigen Brechung am meisten fähigen Theile ins Innere des Auges gelangen. Auf solche Weise kann die Sehkraft sehr gehoben werden.

Aehnliches erreicht man oft auf viel vollkommnere Weise auf operativem Wege, indem man der Pupille eine günstigere Lage und Gestalt giebt. Es wird durch Iridectomie eine künstliche Pupille gebildet, oder durch eine einfache oder mehrfache Iridodesis die vorhandene Pupille verlagert. Letzteres ist das bei Weitem Vortheilhaftere, indem dabei nicht nur dem regelmässig gebrochenen Lichte eine Bahn geschaffen, sondern auch dem unregelmässig gebrochenen Lichte der Weg verlegt wird. Oft sieht man nach solchen Operationen auch die Krümmungen der Hornhaut sich günstiger gestalten, so namentlich bei Keratoconus, wo die Verringerung des intraocularen Druckes von günstiger Wirkung zu sein scheint. Die für das Sehen günstigsten Stellen hat man vor der Operation bei stark erweiterter Pupille mit dem stenopäischen Apparat genau zu ermitteln.

Zuweilen ist es von Vortheil, bei Krümmungsveränderungen der Hornhaut den neben dem unregelmässigen Astigmatismus vorhandenen regelmässigen Astigmatismus durch cylindrische Gläser zu beseitigen.

Wo diffuses Licht Blendung verursacht, kann diese durch eine blaue Brille beseitigt oder verringert werden.

Von grosser Wichtigkeit ist es, der Ausbildung von Keratectasieen im Laufe entzündlicher Hornhautkrankheiten prophylactisch entgegenzutreten. Ruhe des Auges und Druckverband, längere Zeit consequent angewendet, sind zu diesem Zwecke dringend zu empfehlen.

Sechstes Capitel.

Refractionsungleichheit beider Augen.

Neuere Quellen:

v. Graefe Wie Kranke, deren eines Auge am Staar operirt ist, sehen, und über die Frage, ob einseitige Cataractoperation und einseitige Pupillenbildung, bei gesundem zweiten Auge, zweckdienlich sei? Archiv f. Ophth. II. 2. pag. 177. 1856.

Donders On the anomalies of accommodation etc. pag. 557. 1864.

§ 1. Vorkommen und Ursachen von Refractionsungleichheit beider Augen.

Die Refraction beider Augen kann in doppelter Hinsicht ungleich sein. Einmal kann der Unterschied sich auf die Refraction im Ganzen beziehen, d. h. auf die Ferngrenze des Accommodationsbereichs, sodann auch auf die Art der Asymmetrie, des Astigmatismus.

Die Verschiedenheiten können sowohl angeboren sein, als während des Lebens erworben werden.

So vollständig im Allgemeinen die Aehnlichkeit beider Augen zu sein pflegt, nicht bloss in Beziehungen, welche sonst einem Wechsel in physiologischen Grenzen unterliegen, sondern selbst in Bezug auf manche Bildungsfehler und angeborne Krankheiten, so wird doch ein congenitaler Unterschied im Bau und demzufolge der Brechkraft beider Augen zuweilen beobachtet. Sogar recht bedeutende Differenzen, und auch entgegengesetzte Refractionsfehler, Myopie des einen, Hyperopie des andern Auges, kommen angeboren vor, freilich als seltene Ausnahmen.

Von besonderem Interesse ist es, dass, wie Donders bemerkt hat, die den ausgesprochenen Refractionsabweichungen so oft zukommenden Anomalieen der Schädel- und Gesichtsbildung in beiden Kopfhälften sich zuweilen in sehr auffallender Weise ausprägen, wenn ein grosser Unterschied in der Brechkraft beider Augen besteht. Auf der Seite des hyperopischen Auges zeigen sich die Knochen schwächer entwickelt, auf der Seite der stärkeren Brechkraft ist das Auge und die Orbita der Medianlinie näher, die Stirn und die Orbitalränder treten stärker nach vorne.

Erworbene Refractionsdifferenzen beruhen am häufigsten auf ungleicher Entwickelung von Myopie. Diese Ungleichheit ist so gewöhnlich, dass ein genau gleicher Grad von Myopie in beiden Augen fast als Ausnahme zu betrachten ist. Sehr starke Ungleichheit der Brechkraft ist ferner die Folge von Verlust einer Linse, z. B. durch Staaroperation. Sodann ist als häufige Ursache veränderte Hornhautkrümmung, Abflachung sowohl als Ectasirung im Gefolge von Hornhautleiden zu nennen. Endlich gehört hieher noch die durch einseitige Accommodationslähmung bewirkte Refractionsungleichheit für gewisse Abstände.

§ 2. Das Sehen bei ungleicher Refraction beider Augen.

Durch eine irgend erhebliche Verschiedenheit in der Brechkraft der Augen wird natürlich die Uebereinstimmung in den durch beide Augen vermittelten Wahrnehmungen aufgehoben, das Zusammenwirken gestört. Von einem fixirten Punkte können nicht gleichzeitig beide Augen scharfe Netzhautbilder erhalten. Selbst wenn beide Augen einen Theil des Accommodationsspielraums gemeinsam haben, wenn also jedes Auge für sich allein im Stande ist, sich für einen Punkt dieses gemeinsamen Spielraums einzurichten, können es doch nicht beide gleichzeitig, denn wegen der fast untrennbar associirten Thätigkeit der Accommodation kann nicht das eine Auge stark, das andere schwach accommodiren *). Die nothwendige Folge hievon ist, dass die Gesichtswahrnehmungen die Schärfe und Sicherheit, welche sie unter ganz normalen Verhältnissen besitzen, nicht vollkommen und in jeder Beziehung erreichen. Die Einbusse ist aber unendlich verschieden, variirt von einem kaum fühl- und nachweisbaren Verlust an Präcision bis zur völligen Aufhebung des binocularen Sehens und zu bedeutender gegenseitiger Störung beider Augen. Alle Fälle lassen sich in zwei Hauptgruppen bringen, je nachdem binoculare Fixation stattfindet oder nicht.

Auch die Grösse der Netzhautbilder ist bei ungleicher Refraction verschieden wegen der verschiedenen Lage der Knotenpunkte. Die Vergrösserung der Netzhautbilder durch den Zerstreuungssaum verringert zwar den Grössenunterschied, wenn das nicht richtig eingestellte Auge von grösserer Brechkraft ist, als das richtig eingestellte, vermehrt ihn aber, wenn das nicht richtig eingestellte Auge von geringerer Brechkraft ist.

1) Binoculare Fixation, genaue Einstellung beider Sehlinien findet meistens dann statt, wenn der Unterschied der Brechkraft nicht gar zu gross ist. Der Mangel an Schärfe des Netzhautbildes in dem nicht richtig accommodirten Auge kann sich in sehr störender Weise geltend machen, indem das Bild des richtig accommodirten Auges an Schärfe verliert, und wie mit

*) Ungleiche Action der Accommodation in beiden Augen ist übrigens nichts Unerhörtes, ist sogar bei Aufhebung gemeinschaftlicher Fixation gar nicht selten. Doch scheint es sich dann nur um gänzliches Ausbleiben der Contraction auf dem nicht fixirenden Auge, nicht um ungleiche Grade von Contraction zu handeln. cf. Spasmus der Accommodation.

einem Schleier bedeckt erscheint. Wenn auch gewisse Vortheile des binocularen Sehens z. B. sicherere Taxation der Entfernung, directe Wahrnehmung der körperlichen Dimensionen fortdauern, so liefert das monoculare Sehen doch günstigere und befriedigendere Wahrnehmungen als das binoculare.

Dies ist aber nicht der gewöhnliche Fall, ereignet sich vielmehr hauptsächlich dann, wenn der Refractionsunterschied beider Augen plötzlich entstanden ist, oder plötzlich zugenommen hat. Nach längerer Dauer macht sich der nachtheilige Einfluss des ungenau eingerichteten Auges nicht mehr oder nur sehr wenig bemerklich, von der durch die Zerstreuungskreise bewirkten Undeutlichkeit wird kaum noch etwas wahrgenommen, dieselben werden »unterdrückt«. Dagegen bestehen die erwähnten specifischen Vortheile des binocularen Sehens in fast ungeschwächtem Maasse fort. Der einzige Mangel besteht darin, dass wegen der ungenügenden Schärfe des einen Netzhautbildes die genauere Reliefwahrnehmung sich nicht auf das feinste Detail erstreckt.

Dies kann auf experimentellem Wege bestätigt werden. Wer, im Besitze zweier Augen von gleicher Brechkraft, durch Vorhalten von Convex- oder Concavgläsern vor ein Auge eine Refractionsungleichheit herstellt, wird beobachten, dass schwache Gläser, $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{48}$, $\frac{1}{40}$ noch keinen Nachtheil bemerken lassen, während stärkere die Bilder undeutlich und nebelhaft machen, dass man aber bei längerer Uebung auch den schädlichen Einfluss der stärkeren Gläser mehr und mehr unterdrücken lernt.

Die von v. Graefe als Grund für die Unschädlichkeit des ungenauen Bildes bezeichnete „Fähigkeit, die Zerstreuungskreise zu unterdrücken", will Donders nicht anerkennen. Allein es hat damit seine volle Richtigkeit, nur muss man den vieldeutigen Ausdruck mehr präcisiren. Es handelt sich dabei weniger um eine psychische Thätigkeit (obgleich dieselbe wegen des Einflusses von Uebung und Gewohnheit nicht ganz ausgeschlossen werden darf), als um eine physiologische Erscheinung, die sich auch bei andern Gelegenheiten vielfach wiederholt, eine specifische Eigenthümlichkeit des Binocularsehens, ein wirkliches Auslöschen gewisser Theile des einen Netzhautbildes. Ich erinnere hier an ein Experiment von Panum*). Das schwarze Schattenbild eines

*) P. L. Panum, Physiologische Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen. Kiel 1858. pag. 36, Fig. 23 und 24. cf. auch mein oben citirtes Buch pag. 48 und 49.

Pferdes wird unter dem Stereoskop dem einen, das eben so beschaffene Bild des Reiters dem andern Auge dargeboten in solcher Stellung, dass bei der Verschmelzung der Reiter zu Pferde sitzen muss. In der That sitzt im stereoskopischen Bilde der Reiter zu Pferde, aber in einem weissen Sattel. Die schwarzen Beine des Reiterschattens verlieren sich nicht in dem Schwarz des Pferdekörpers, sondern haben ein Stück der weissen Umgebung aus dem einen Einzelbilde (sc. des Reiters) in das andere Einzelbild (sc. des Pferdes) hinübergetragen, haben damit einen Theil der schwarzen Figur des Pferdes ausgelöscht.

Ebenso: Wenn ich das Zerstreuungsbild einer Linie mit einer scharfen Linie stereoskopisch combinire, so ist die Linie des Combinationsbildes scharf, zeigt kaum Andeutungen eines grauen Hofes, weil derselbe durch das der scharfen Linie benachbarte Weiss ausgelöscht wird.

Die Erklärung für diese Exstinction liegt nahe: Bei unzusammengehörigen, genauer Deckung unfähigen Bildern entsteht ein partieller Wettstreit der Sehfelder, das Auge mit dem schärferen Bilde behält die Oberhand. Die scharfe Linie fällt mit der dunkleren Mitte der unscharfen Linie zusammen, die weisse Nachbarschaft der ersteren, welche doch wesentlich zur Begrenzung derselben gehört, siegt im Wettstreit mit den Seitentheilen des grauen Zerstreuungsbildes und löscht dieselben aus. Auf diese Weise glaube ich auch das Verschwinden des einseitigen Zerstreuungsbildes bei ungleicher Refraction verstehen zu müssen. Donders' Erklärung dagegen, welche auf der Annahme basirt, es gebe eine nicht absolute, sondern annähernde, von der Uebung abhängige Identität gewisser Punkte beider Netzhäute, kann ich nur für gänzlich unzutreffend halten.

2) Die binoculare Fixation kann fehlen. Dies geschieht hauptsächlich dann, wenn der Refractionsunterschied sehr gross ist (auch bei einseitigem stärkerem Astigmatismus), so dass die Netzhautbilder beider Augen an Grösse und Schärfe gar zu sehr von einander abweichen, oder wenn das eine Auge zugleich von Sehschwäche aus irgend einem Grunde, z. B. durch Hornhauttrübung, betroffen ist. Das nicht fixirende Auge nimmt dann entweder, durch das Muskelgefühl geleitet, eine ungefähr richtige Stellung ein (die genaue Einstellung wird ja stets erst durch die Fixationstendenz bewirkt), oder es zeigt eine constante Abweichung, meist nach innen oder aussen, convergirendes oder divergirendes Schielen. Das Letztere geschieht, wenn in einem der

seitlich wirkenden Muskeln eine überwiegende Spannung existirt, welche sowohl durch congenitale Disposition, als durch die Accommodationsanstrengung des fixirenden Auges verursacht sein kann. Ist das fixirende Auge hyperopisch, so wird das nicht fixirende Auge Neigung haben nach innen abzuweichen, ist das erstere myopisch, so wird das andere meist nach aussen abweichen, findet endlich Emmetropie des fixirenden Auges statt, so pflegt doch mehr Neigung zur Abweichung nach aussen zu bestehen. Der Grund der Schielabweichung liegt hier also keineswegs in dem Bestreben, der binocularen Fixation auszuweichen, sondern darin, dass, weil das Bestreben binocular zu fixiren mangelt, keine Kraft vorhanden ist, welche dem Streben, die Gleichgewichtsstellung einzunehmen, Widerstand entgegensetzt.

Die Fixation kann nun zwischen beiden Augen alterniren. Für gewisse Abstände wird constant das eine Auge, für andere das andere Auge benutzt, das myopische für die Nähe, das emmetropische, hyperopische, oder in geringerem Maasse myopische für die Ferne. Dann kommt gewissermassen die summarische Accommodationsbreite beider Augen dem Sehen zu Gute. Durch den abwechselnden Gebrauch werden beide Augen in Uebung, und die centrale Sehschärfe beiderseits auf ihrer ursprünglichen Höhe erhalten.

Die Fixation kann ferner monolateral sein, kann beim gemeinschaftlichen Gebrauch stets dem nämlichen Auge zufallen, während das andere stets vorbeischiesst. Dies wird namentlich dann der Fall sein, wenn ein Auge sehr hochgradig hyperopisch oder myopisch ist, so dass es für keine der beim gewöhnlichen Gebrauch vorkommenden Entfernungen passt, oder wenn die Sehschärfe eines Auges aus irgend einem Grunde beschränkt ist. Ist sehr ungünstiger Refractionszustand, oder Trübung der Medien Schuld der Abweichung, so gesellt sich in Folge des permanenten Ausschlusses von der Fixation sehr gewöhnlich noch wahre Amblyopie (sog. Amblyopie aus Nichtgebrauch) hinzu. Diese kann sich selbst bis zur völligen Erblindung — Amaurose — steigern, insbesondere dann, wenn der Nichtgebrauch bereits in frühe Jugend fällt, oder wenn durch geflissentliche Unterdrückung der

Doppelbilder erst eine partielle, dann allgemeine Leitungshemmung in der Retina Platz greift.

Die Rolle, welche in beiden obigen Fällen das abweichende Auge spielt, kann wiederum verschieden sein, und richtet sich einmal nach der vorhandenen Sehschärfe, sodann danach, ob die abgelenkte Stellung richtig aufgefasst wird oder nicht. Wenn die Auffassung der Stellung richtig ist, wenn also ein correctes Bewusstsein der Deviation besteht, so trägt das abweichende Auge in jeder Beziehung zum binocularen Sehen bei, nur dass der Beitrag wegen der excentrischen Lage und der mangelnden Schärfe des Bildes des angeschauten Punktes ein weniger werthvoller und sicherer ist, dass die Localisation des Gesehenen nicht so genau und bestimmt ist, als wenn beide Augen fixiren. Dieser Fall tritt namentlich öfters bei dem sogenannten Strabismus alternans ein, wo durch das abwechselnde Fixiren mit beiden Augen von verschiedener Brechkraft die Vorstellung von der Augenstellung stets richtig erhalten wird.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn die Vorstellung von der Augenstellung eine irrige ist, und wenn, wie es dann am gewöhnlichsten ist, die Vorstellung beiderseitiger Fixation besteht. Doppeltsehen ist dann die nothwendige Folge der falschen Projection, sobald dem excentrischen Bilde die zur Wahrnehmung erforderliche Aufmerksamkeit zugewandt wird. Das Doppeltsehen in störender Form ist unter diesen Umständen ein seltenes Vorkommniss, fast nur bei acquisiten bedeutenden Refractionsunterschieden kommt es zuweilen vor, und auch da besteht es meistens nicht lange, sondern geht in den sogleich zu beschreibenden Zustand der Unterdrückung des Doppelbildes über. Vorübergehend und unter besonderen Bedingungen kommt freilich Doppeltsehen auch in andern Fällen und selbst bei angeborner Brechungsdifferenz vor, wenn namentlich unter dem Einfluss des Astigmatismus die Bilder beider Augen von so verschiedener Grösse und Form sind, dass eine binoculare Verschmelzung unmöglich ist. So z. B. wird bei den so häufigen Fällen von Myopie verschiedener Grade ein ferner leuchtender Punkt, welcher in beiden Augen sehr ungleiche Zerstreuungsbilder liefert, leicht momentan doppelt gesehen.

Man ist gewohnt, das Doppeltsehen, nicht wie ich es thue, durch einen Irrthum über die Augenstellung, sondern durch das gänzlich unbewiesene Princip der Identität der Netzhäute zu erklären. Unter Andern hält auch Donders in seinem neuesten Werke, freilich mit manchen Modificationen, an der früheren Theorie fest. Ich glaube indessen die Unhaltbarkeit jener Theorie nachgewiesen zu haben, und noch neuerdings sind meine Resul-

tate in Bezug auf das Sehen bei Schielenden von Prof. Alfred Graefe auf das Vollständigste bestätigt worden *).

In der weitaus grössten Mehrzahl der hieher gehörigen Fälle besteht aber kein Doppeltsehen, trotzdem dass ein richtiges Bewusstsein der Augenstellung nicht eingekehrt ist, die Projection also keine angemessene ist. Ein wichtiger Grund hiefür ist, dass das Doppelbild selbst bei günstiger Lage und Schärfe activ unterdrückt werden kann. Es findet nämlich ein Wettstreit der mit ihrem Inhalt sich nicht deckenden Sehfelder statt, und das nicht fixirende Auge unterliegt in diesem Wettstreit, während es vorhin im Falle des Doppeltsehens siegte. An derjenigen Stelle des Raumes, wo das falsch localisirende Auge den betrachteten Punkt zu sehen glaubt, sieht das fixirende Auge andere Objecte, und die Wahrnehmung des letzteren behält die Oberhand.

Der Wettstreit ist aber nur ein partieller, soweit eben ein unvereinbarer Widerspruch zwischen beiden Sehfeldern existirt. Wo dieser nicht stattfindet, z. B. in dem äussersten seitlichen, dem abgelenkten Auge allein zukommenden Theile des Gesichtsfeldes, findet Wahrnehmung statt. Dadurch wird das summarische Gesichtsfeld vergrössert, die Orientirung erleichtert, gerade Kopfhaltung ermöglicht. Wenn freilich die Localisation in dem seitlichen Theile des Sehfeldes wegen der incorrecten Auffassung der Richtung nicht ganz richtig ist, so ist doch der Fehler bei der excentrischen Lage der Bilder meist von geringem Belange.

Die Unterdrückung des Doppelbildes ist nicht eine blosse Vernachlässigung durch mangelnde Aufmerksamkeit, sondern eine active Thätigkeit, für welche, wie oben (pag. 165) erwähnt wurde, physiologische Analogieen nicht fehlen, ein sehr merkwürdiges und noch ganz dunkles Zusammenwirken psychischer und somatischer Functionen. Höchst bemerkenswerth sind auch die Folgen dieses Vorganges. Nervenelemente, deren Action unaufhörlich unterdrückt wird, verlieren zuletzt ihre Leitungsfähigkeit, das Gesichtsfeld wird von innen her beschränkt, und am Ende bleibt nur in dem Theile Perception übrig, wo Unterdrückung der Wahrnehmungen nicht stattgefunden hatte. Kein blosser Mangel an Benutzung eines Theils oder der ganzen Retina, z. B. durch Cataract hat solche Folgen, nur die active Suppression der Eindrücke im abgelenkten Auge. Deshalb bin ich auch der Meinung, dass

*) cf. mein eben citirtes Buch pag. 130 seqq., ferner Nagel, Zur Symptomatologie des Schielens, Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde. II. pag. 63. (1865) und A. Graefe, Ueber einige Verhältnisse des Binocularsehens bei Schielenden mit Beziehung auf die Lehre von der Identität der Netzhäute, Archiv f. Ophth. XI. 2. pag. 1 (1865).

die nähere Ursache dieser Sehfeldbeschränkung ein Vorgang im centralen Sehorgan, nicht in der Retina oder im Sehnerven ist.

Man hüte sich übrigens, überall, wo bei mangelnder binocularer Fixation keine Diplopie stattfindet, Unterdrückung der Doppelbilder anzunehmen. Es wurde bereits erwähnt, dass es Fälle giebt, wo eine vollkommene Kenntniss der abgelenkten Augenstellung und demgemäss richtige Projection stattfindet, so dass das schielende Auge in allen Theilen des Sehfeldes zum binocularen Sehen beiträgt, zum centralen Sehen mit einem weniger scharfen, zum excentrischen aber zum Theil sogar mit einem schärfer sehenden Theile der Netzhaut als das fixirende Auge. Es giebt aber auch Fälle, wo die Kenntniss der Augenstellung keine ganz correcte ist, wo sie aber unter dem Einfluss des binocularen Sehens rectificirt wird, da, wie auch unter gewissen physiologischen Bedingungen, das Vermögen besteht, die Vorstellung von der Augenstellung zu Gunsten der binocularen Verschmelzung zu modificiren. Alsdann trägt das abgelenkte Auge zum Sehen bei und nur unter besonderen Verhältnissen macht sich eine falsche Localisation geltend.

§ 3. Behandlung der Refractionsungleichheit beider Augen.

In Betreff der Behandlung ist die wichtige Frage zu beantworten, in wie weit die verschiedene Brechkraft der Augen sich optisch ausgleichen lässt, in wie weit es zulässig und zweckmässig ist, beide Augen mit verschiedenen Gläsern zu versehen.

Eine absolute Ausgleichung der Refraction ist nicht möglich. Wenn man nach genauen optometrischen Ermittelungen den Fernpunkt für beide Augen auf gleichen Abstand gebracht hat, wenn man etwaigen ungleichen pathologischen Astigmatismus so sorgsam als möglich corrigirt hat, so dass nun auch für die verschiedenen Meridiane beider Augen der Fernpunkt in gleichem Abstande liegt, so hört doch die Vollkommenheit der Ausgleichung auf, sobald die Accommodation in Function tritt. Denn gleiche Accommodationswirkungen haben bei verschiedenen Refractionszuständen, und bei mit verschiedenen Gläsern bewaffneten Augen verschiedene Bedeutung (cf. pag. 33), die Nahepunkte würden folglich nicht mehr zusammenfallen. Allein auch wenn beide Augen gleich scharfe Bilder bekommen, so sind dieselben doch von ungleicher Grösse. Wir wissen, dass im hyperopischen und myopischen Auge die Netzhautbilder von ungleicher Grösse sind — im ersteren kleiner, im

letzteren grösser, — ferner dass auch in dem durch passende Gläser emmetropisch gemachten ametropischen Auge die Netzhautbildgrösse nicht dieselbe ist, wie in dem natürlich-emmetropischen Auge. Im bewaffneten übersichtigen Auge sind die Bilder grösser, im bewaffneten kurzsichtigen Auge kleiner als im emmetropischen Auge, weil der zweite Knotenpunkt der Netzhaut im ersten Falle ferner, im zweiten Falle näher liegt. Durch die ungleiche Grösse der Netzhautbilder wird nun die binoculare Verschmelzung der Eindrücke oft erschwert, bisweilen unmöglich gemacht. Es giebt Umstände, wo gerade die Schärfe der ungleich grossen Bilder der stereoskopischen Combination Eintrag thut, wo mithin die Ausgleichung der Brechkraft nachtheilig ist. Es lässt sich nicht immer voraussehen, ob sie Nutzen oder Schaden stiften wird.

Uebrigens ist eine genaue, auch auf die Asymmetrie sich erstreckende Ausgleichung der Refraction ein oft schwieriges und mühsames Unternehmen, das sich nur mit intelligenten Leuten ausführen lässt. Die annähernde Ausgleichung ist leicht ausführbar und liefert nicht selten recht befriedigende Resultate für das binoculare Sehen.

Für die Praxis lassen sich folgende Regeln aufstellen: Im Allgemeinen berücksichtige man die Refractionsdifferenzen nicht, sondern verordne, wenn eine Brille nöthig ist, für beide Augen gleiche sphärische Gläser, welche dem sehkräftigeren und wo möglich dem weniger ametropischen Auge angepasst werden. Wo indessen die Verschiedenheit der Bilder die binocularen Wahrnehmungen im Vergleich mit den monocularen verschlechtert, oder wo es darauf ankommt, das möglichste Maximum an Sehschärfe zu erzielen, da versuche man die Ausgleichung und lasse die Probe entscheiden, ob der Gebrauch verschiedener Gläser gerathen ist, und wie weit die Correction getrieben werden darf.

Oft, namentlich bei grossen Refractionsdifferenzen, erweist sich die theilweise Ausgleichung als vortheilhaft, so dass nur eine Verkleinerung der Zerstreuungskreise erfolgt, die physiologische Unterdrückung thut dann das Uebrige.

Das augenblickliche Resultat ist nicht immer massgebend. Gewohnheit und Uebung lehren oft allmählich die Discordanz der Bilder besiegen. Bei einer frisch entstandenen Refractionsdifferenz

warte man daher jedenfalls einige Zeit ab, ehe man sich auf die Correction einlässt.

Bei abweichenden Graden und Formen von regelmässigem Astigmatismus ist die Ausgleichung sehr zu empfehlen, und giebt oft die glänzendsten Resultate für die binoculare Sehschärfe. Sowohl Ametropie als Astigmatismus müssen genau corrigirt werden, und dazu ist grosse Sorgfalt und oft vieles Probiren und Controlliren erforderlich. Oft genügt es freilich, auf einem Auge genaue Correction mit sphärischen und cylindrischen Gläsern zu bewerkstelligen, auf dem andern nur die Ametropie annähernd zu corrigiren, doch bleibt dann natürlich das Ergebniss hinter dem ersterwähnten zurück.

Wie kann trotz verschiedener Bildgrösse eine binoculare Verschmelzung stattfinden? Diese interessante Frage scheint mir bisher ungenügend beantwortet zu sein. v. Graefe begnügt sich mit der allgemeinen Annahme einer „Verträglichkeit des Sehakts mit ungenauen optischen Verhältnissen.“ Donders meint, es werde gewissermassen das Mittel genommen zwischen den Bildern von verschiedenen Dimensionen, und hält sich an eine vermeintliche Analogie stereoskopischer Experimente. Allein der Vergleich mit dem Versuche, dass zwei Kreise oder sonstige ähnlich gestaltete Figuren von ungleicher Grösse stereoskopisch combinirt in mittlerer Grösse erscheinen, ist ganz werthlos, schon deshalb, weil das behauptete Factum nicht richtig ist. Zwei Kreise erscheinen in stereoskopischer Combination überhaupt nicht als Kreis (sondern als Ellipse), zwei Kreise von ungleicher Grösse erst recht nicht, und auch die anscheinend mittlere Grösse der Combinationsfigur beruht nur auf ungenügender Beobachtung. Die ziemlich complicirte Erscheinung ist mit Hülfe einer genauen Analyse vollkommen verständlich, doch muss ich auf die ausführliche Auseinandersetzung pag. 52 seqq. meines Buches über das Sehen mit zwei Augen verweisen. Wenn Donders ferner meint, die Lage der sog. identischen oder correspondirenden Punkte der Netzhäute werde durch die stete Benutzung ungleich grosser Netzhautbilder modificirt, so ist das eine höchst gewagte, auf sehr unsicherer Grundlage aufgerichtete Hypothese, mit Hülfe deren ich, trotz der Autorität des grossen Physiologen, nicht einmal eine befriedigende Erklärung der Thatsachen zurecht zu legen vermag.

Zwei Umstände scheinen es mir vielmehr zu sein, welche die Verschmelzbarkeit verschieden grosser Netzhautbilder in gewissen Grenzen möglich machen. Zunächst die oben (pag. 164) bespro-

chene Eigenthümlichkeit des Binocularsehens, welche bei Ungleichheiten in den beiderseitigen Gesichtseindrücken durch einen partiellen Wettstreit der Sehfelder die Auslöschung gewisser Bildtheile möglich macht. Wenn zwei Buchstaben von nicht ganz gleicher Grösse stereoskopisch mit einander verschmelzen, so wird der grössere, über den kleineren gelegt gedacht, mit einem kleinen Rande über diesen hinausreichen. Der überstehende Rand wird im partiellen Wettstreit mit der weissen Umgebung der kleineren Buchstaben um so leichter unterliegen, wenn er nicht scharf contourirt ist, sondern einen durch Zerstreuungskreise verschwimmenden Rand hat. Die Wirksamkeit dieses Umstandes kann indessen nur beschränkt sein, sie bezieht sich wohl auf den einzelnen Buchstaben, aber auf das ganze Wort oder die ganze Zeile kann sie sich nicht mehr erstrecken.

Ein anderer Umstand wirkt jedenfalls und nachweisbar mit, die verschiedene Lage des Kreuzungspunktes der Projectionslinien in Augen von verschiedener Refraction (cf. pag. 34). Man darf annehmen, dass die Lage desjenigen Punktes, durch welchen von den Netzhautbildpunkten aus die Projection nach aussen erfolgen muss, wenn die Wahrnehmungen der Wirklichkeit entsprechen sollen, durch die Erfahrung vermittelt wird, durch die Erfahrungen, welche wir täglich und stündlich mittelst des Sehens und mittelst des Tastgefühls über den Ort und die Dimensionen der uns umgebenden Objecte machen. Es versteht sich dann aber von selbst, dass die Lage eines solchen Punktes für verschiedene Refractionszustände verschieden sein muss. Im myopischen Auge muss er weiter rückwärts, im hyperopischen weiter vorwärts liegen, weil dort die Netzhautbilder grösser, hier kleiner sind. Jede Refractionsveränderung muss eine Dislocation des Kreuzungspunktes der Projectionslinien zur Folge haben. Geschieht diese nicht, wie das bei plötzlich entstandenen Refractionsänderungen oder bei einmaliger Benutzung einer Brille der Fall ist, so wird die Richtung und Grösse der Sehobjecte unrichtig beurtheilt. Oft genug aber, und man kann sagen in der Regel erfolgt allmähliche Rectification der Projection, selbst wenn die Ursache der Refractionsänderung ausserhalb des Auges liegt; selbst die Brille, wenn sie nur ununterbrochen getragen wird, hört bald auf zu vergrössern oder zu verkleinern. Die Rectification durch Verschiebung des Kreuzungspunktes der Projectionslinien kann aber auch ausbleiben, und so findet man namentlich in vorgeschritteneren Jahren bei spät entstandener Refractionsungleichheit zuweilen, dass ein Auge die Objecte grösser sieht als das andere, und dies thut dann oft, wenn auch nicht immer, dem binocularen Sehen Eintrag.

Wo einseitige Aufhebung der Accommodation Ursache der Refractionsungleichheit ist, liegt die Ausgleichung der Differenz für mehr als eine einzige Entfernung ausserhalb der Möglichkeit. Dies gilt auch für einseitige Aphakie, da dieselbe den Verlust aller Accommodation involvirt (cf. folgendes Capitel). Man wird daher auf die Ausgleichung im Allgemeinen verzichten müssen, und nur in einzelnen Fällen zu besonderen Zwecken eine annähernde Ausgleichung versuchen dürfen.

Hieran knüpft sich die praktisch wichtige Frage, ob es unter solchen Umständen zweckmässig ist, die einseitige Cataractoperation oder andere auf die Herstellung der Sehkraft bei grosser Refractionsverschiedenheit gerichtete Operationen bei vollkommener Functionstüchtigkeit des zweiten Auges vorzunehmen. v. Graefe antwortet bejahend. Wenn auch die Herstellung genauer binocularer Fixation nach einseitiger Staaroperation nur ein glücklicher Ausnahmsfall sei, so liefere gleichwohl die Operation manche wesentliche Vortheile, verursache fast nie dauernde Nachtheile. Der anfänglich störende Einfluss des operirten Auges durch die Zerstreuungsbilder, durch Blendung, zuweilen durch Doppeltsehen, dauere nur kurze Zeit, verliere sich meist schon in wenigen Wochen, bedeutendere Deviation, also wirklicher Strabismus entstehe nur ganz ausnahmsweise — dagegen seien zu Gunsten der Operation die bessere Erhaltung der Sehkraft, die Erweiterung des Sehfeldes mit dem günstigen Einfluss auf die Orientirung und symmetrische Kopfhaltung, endlich noch kosmetische Rücksichten in Betracht zu ziehen.

Wenn keine gemeinschaftliche Fixation besteht, so genügt oft die Ausgleichung einer nicht zu starken Refractionsdifferenz, insbesondere die Correction eines einseitigen Astigmatismus zur sofortigen Herstellung derselben. In andern Fällen muss man ausserdem das lange ausser Uebung gewesene centrale Sehen des abgelenkten Auges durch Separatübungen zu stärken, und durch stereoskopische Sehübungen die gemeinschaftliche Fixation zu fördern, und wo es nöthig ist, eine richtige Vorstellung von der Augenrichtung zu bewirken suchen. Es kann aber, wenn zugleich muskuläre Anomalieen vorhanden sind, eine vorgängige operative Behandlung zur Richtigstellung des Bulbus nöthig werden.

Auf die Einzelnheiten der Therapie des Schielens kann hier natürlich nicht eingegangen werden. Die Herbeiführung der binocularen Fixation für alle Abstände muss das Ziel der Therapie sein, wo die mechanischen und vitalen Verhältnisse der Augenmuskeln es irgend erlauben. Wo man dennoch darauf verzichten muss, ist alternirende Fixation zu erstreben und — wo diese nicht erreichbar ist, ist wenigstens durch Separatübungen die Sehkraft des vorbeischiessenden Auges vor weiterem Verfall zu schützen, eventuell zu bessern. Regelmässige tägliche Uebungen, wenn nöthig mit Convexgläsern, sind in solchen Fällen dringend anzurathen, z. B. bei Aphakie.

Accommodations-Anomalieen des Auges.

Die Accommodationsthätigkeit kann auf zweierlei Weise alterirt werden:

1. Durch Störungen im passiven Theil des Accommodationsapparats, Abnormitäten der Linse oder des Verbindungsgliedes zwischen Linse und Ciliarmuskel, des sog. Ligamentum suspensorium lentis.

2. Durch Störungen im activen Theil des Accommodationsapparats, Abnormitäten in der Contraction des Ciliarmuskels durch Ernährungsstörung, Lähmung, Krampf, Hyperästhesie desselben.

Auch können beiderlei Störungen vereinigt vorkommen.

Siebentes Capitel.

Accommodationsstörungen durch Anomalieen im passiven Theil des Accommodationsapparats.

Wenn auch bereits einige ältere Autoren die durch Accommodationsbeschränkung bedingten Sehstörungen ziemlich richtig beurtheilten, so blieb doch die Ergründung des näheren Zusam-

menhanges Donders vorbehalten, der zuerst mit voller Schärfe die Refractions- und Accommodationsstörungen schied, und durch sorgsame Untersuchungen, insbesondere die constante physiologische, vom Lebensalter abhängige Accommodationsabnahme entdeckte. Seine Schriften bilden daher die einzigen

Neueren Quellen:

Donders Einfluss des Lebensalters auf Accommodation und Refraction. Presbyopie. Archiv f. Ophth. VI. 2. pag. 210 und 231. 1860.

§. 1. Arten und Ursachen dieser Accommodationsstörungen.

Die richtige Einstellung des dioptrischen Apparats kann trotz normaler Contraction des Ciliarmuskels ausbleiben:

1. wenn die Uebertragung der durch die Contraction ausgeübten Kraft auf das passive Accommodationsorgan unvollständig oder gar nicht vor sich geht. Dies kann der Fall sein bei gänzlicher Abwesenheit der Linse (Aphakie), aber auch bei Störungen in den Verbindungstheilen zwischen Ciliarmuskel und Linse. Wenn die Zonula Zinnii, deren Anspannung und Erschlaffung für die Accommodationsthätigkeit höchst wahrscheinlich unerlässlich ist, zerrissen oder gelockert ist, so bleibt die Contraction des Ciliarmuskels wirkungslos.

Ueber Aphakie siehe § 2. — Zerreissung der Zonula Zinnii, totale oder partielle, kann durch Traumen bewirkt werden. Lockerung und Verlängerung der Zonula ist eine häufige Folge innerer Entzündungen, besonders solcher mit Glaskörpererweichung. Partielle Zerreissung oder partielles Verschwinden durch Atrophie kann daraus hervorgehen, und ist dann stets mit Aufhebung der Accommodation verbunden. Sehr bemerkenswerth ist es, dass man einige Male bei partieller Zerreissung der Zonula zugleich mit der Accommodationsaufhebung myopische Refraction hat eintreten sehen (Donders). Dies ist so zu erklären, dass die Linse, der abplattenden Einwirkung der Zonula entzogen, ihre natürliche convexere Form annimmt, ein gewichtiges Zeugniss für die Richtigkeit der Helmholtz'schen Hypothese von der Rolle, welche die Zonula bei der Accommodation spielt (cf. pag. 3).

2. Das Accommodationsvermögen kann ferner ungeachtet normaler Thätigkeit des Ciliarmuskels unvollkommen sein, wenn der seiner Wirkung entgegenstehende Widerstand über das normale Maass vermehrt ist. Hieher gehören Krankheiten der Linse, jede

mit Verhärtung verbundene Cataractbildung, ferner pathologische Steigerung des intraocularen Druckes (Glaukom), vor Allem aber die schon in physiologischem Zustande stattfindende, allmählich mit dem Alter fortschreitende Elasticitätsabnahme der Linse. Nur die aus letzterer sich ergebende senile Accommodationsbeschränkung bedarf einer ausführlicheren Besprechung.

§ 2. Aphakie.

Die Abwesenheit der Linse (Aphakie), sei diese durch die Staaroperation, oder durch ein Trauma, oder durch spontane Luxation von ihrem Platze entfernt, sei sie ganz aus dem Auge verschwunden oder nur aus dem Pupillargebiet dislocirt, muss den Refractionszustand des Auges um ein Bedeutendes herabsetzen. Ein vorher normal brechendes emmetropisches Auge wird durch Verlust der Linse stark hyperopisch, in der Regel wird ein positives Glas von 3 bis $3^1/_2$ Zoll Brennweite zum Sehen in der Ferne gebraucht.

Will man genau den Grad der bestehenden Hyperopie angeben, so muss man den als wesentlich hier nicht zu vernachlässigenden Abstand des Glases vom Knotenpunkt des Auges von der Brennweite des Correctionsglases subtrahiren. Ist dieser Abstand $= \frac{1}{2}$ Zoll, und das für die Ferne corrigirende Glas $\frac{1}{3}$, so ist $H = \frac{1}{2^1/_2}$.

Durch früher bestehenden hyperopischen Bau kann der Refractionszustand noch vermindert, die Hyperopie erhöht werden. Bei myopisch gebauten Augen fällt nach Entfernung der Linse der Grad der Hyperopie weniger hoch aus, er kann selbst $= 0$ werden. D. h. ohne Gläser wird in der Ferne scharf gesehen, wenn vorher eine Myopie ungefähr $= \frac{1}{3}$ bestand. Ja es kommt ganz ausnahmsweise sogar vor, dass Staaroperirte noch Concavgläser zum Fernsehen brauchen, bei extremster Myopie besonders mit verstärkter Hornhautkrümmung.

In einem linsenlosen Auge, in dem parallele Strahlen auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen sollten, müsste der Berechnung zufolge bei normaler Hornhautkrümmung die Länge der Sehaxe über 30 Mm. betragen, also circa 7 Mm. mehr als durchschnittlich im normalen Auge (Donders).

Die Abwesenheit der Linse lässt sich am leichtesten bei seitlicher Fokal-Beleuchtung constatiren. Man vermisst die radiären

Fasern und Sectoren der Linse, welche sonst auf diese Weise deutlich sichtbar gemacht werden. Die Tiefe der vorderen Kammer und die mangelnde Vorwölbung der oft etwas schwankenden Iris sind zwar sehr auffallende Merkmale, aber da sie auch bei hochgradig myopischem Refractionszustande vorkommen können, nicht vollkommen beweisend. Wohl aber ist das Fehlen der beiden Reflexe der vorderen und hinteren Linsenoberfläche ein untrügliches Zeichen des Fehlens der Linse in der Pupillarregion.

Die Accommodation mangelt allen der Linse beraubten Augen gänzlich. Die neuesten und genausten Untersuchungen von Donders, der statt der unsicheren Prüfung mit Optometern die Form eines fernen Lichtpunktes beobachten liess, haben dies, früheren Behauptungen gegenüber, es könne ein kleiner Rest von Accommodation bestehen, vollkommen festgestellt.

Die Sehschärfe ist bei Aphakie meist unvollkommen wegen der nach Staaroperationen stets zurückbleibenden, oft sehr feinen Kapseltrübungen, welche auch, wenn sie einen Theil der Pupille völlig frei lassen, doch wenigstens durch Lichtzerstreuung etwas Blendung verursachen. Wurde die Linse sammt der Kapsel entfernt, so ist das Sehen oft ausserordentlich scharf. Regelmässiger Astigmatismus, von der Hornhaut abhängig, tritt bei Aphakie oft um so deutlicher hervor, da mit der Linse die Quelle des unregelmässigen Astigmatismus entfernt ist.

Ueber die Behandlung der Aphakie durch optische Correction siehe § 5.

§ 3. Senile Accommodationsbeschränkung.

Eine rein mechanische Ursache, der vermehrte Widerstand, den die Linse der Thätigkeit des Ciliarmuskels entgegensetzt, macht, dass schon unter physiologischen Verhältnissen mit dem Alter die Accommodationsbreite nach und nach abnimmt.

Schon von früher Jugend an lässt sich ein allmähliches Abrücken des Nahepunktes und demzufolge, da der Fernpunkt zunächst unverändert bleibt, Abnahme der Accommodationsbreite nachweisen. Während um das zehnte Lebensjahr der Abstand des Nahepunktes vom Auge bei normalen Brechungsverhältnissen etwa $2^2/_3$ Zoll beträgt, rückt er von Jahr zu Jahr ab, so dass er zwi-

schen dem 60. und 70. Jahr unendlich fern wird, dass also das Auge um diese Zeit nur für parallele, noch später sogar nur für schwach convergente Strahlen eingerichtet ist. Die Accommodation ist um diese Zeit fast = 0.

Der Fernpunkt bleibt lange unveränderlich in unendlicher Entfernung, d. h. das Auge bleibt in der Ruhe für parallele Strahlen eingerichtet. Erst um das 50. Lebensjahr macht sich auch eine leichte Abnahme des Refractionszustandes des ruhenden Auges bemerklich, das Auge wird in geringem Grade hyperopisch, indem der Fernpunkt in negativer Richtung d. h. virtuell hinter das Auge rückt.

Die Abnahme der Accommodationsbreite mit zunehmendem Alter geschieht ganz constant und in sehr regelmässiger Weise, betrifft alle Augen in gleicher Weise, die emmetropischen wie die hyperopischen und myopischen, nur dass bei den höheren Graden dieser Refractionsabweichungen zuweilen eine schnellere Abnahme der Accommodation mit den Jahren stattfindet.

Nach Donders verhält sich im emmetropischen Auge die Accommodationsbreite in den verschiedenen Lebensaltern durchschnittlich etwa so wie die nachfolgende Tabelle angiebt:

Alter in Jahren	Abstand des Nahepunktes in Zollen	Abstand des Fernpunktes in Zollen	Accommodationsbreite
10	2. 66	∞	1 : 2. 66
15	3. 16	∞	1 : 3. 16
20	3. 75	∞	1 : 3. 75
25	4. 44	∞	1 : 4. 44
30	5. 33	∞	1 : 5. 33
35	6. 50	∞	1 : 6. 5
40	8. 27	∞	1 : 8. 27
45	10. 50	— 480	1 : 10. 3
50	15	— 240	1 : 14. 1
55	22	— 120	1 : 18. 6
60	48	— 60	1 : 27
65	∞	— 40	1 : 40
70	— 40	— 26	1 : 74
75	— 26	— 26	1 : ∞

Die Ursache der frühzeitigen Abnahme der Accommodationsbreite liegt keinesfalls in einer Verminderung der Contractionsfähigkeit des Ciliarmuskels, kein einziger Grund kann dafür angeführt werden. Sie muss vielmehr in einer von früh auf graduell fortschreitenden Veränderung der physikalischen Eigenschaften der Linse gesucht werden, wodurch die Fähigkeit der Formveränderung abnimmt, also in einer Zunahme der Festigkeit und einer Abnahme der Elasticität. Im späteren Alter gesellt sich allerdings noch Atrophie des Ciliarmuskels hinzu.

Ueber die Ursachen der senilen Refractionsabnahme cf. pag. 66.

§ 3. Sehstörungen bei Accommodationsbeschränkung.

Das fortschreitende Abrücken des Nahepunktes muss sich allmählich in den Leistungen des Auges geltend machen und dies um so mehr, da mit zunehmendem Alter auch die Sehschärfe abwärts geht. Letzteres ist zum grossen Theil in Verminderung der Durchsichtigkeit der Medien begründet, beginnt indessen in sonst gesunden Augen viel später als das Sinken der Accommodationsbreite. Ungefähr vom 27. Lebensjahre an pflegt die Sehschärfe sich langsam zu vermindern, und fällt bis zum hohen Alter etwa auf die Hälfte (Donders).

Ein günstiger Umstand ist es, dass mit vorrückenden Jahren die Pupille allmählich enger wird. Da mit dem Durchmesser der Pupille auch die Grösse der Zerstreuungskreise abnimmt, kann bei enger Pupille auch trotz ungenauer Einstellung noch erträglich scharf gesehen werden.

Die Accommodation kann in normalen emmetropischen Augen von $\frac{1}{2^2/_3}$ bis auf $\frac{1}{6}$ und darunter sinken, ohne dass, wenn nicht gerade eine genaue Untersuchung mit sehr feinen Objecten angestellt wird, ein Nachtheil gespürt wird. Erst wenn der Nahepunkt über 8 Zoll hinausgerückt wird, was bei emmetropischen Augen um das 40—42. Jahr geschieht, beginnen sehr feine Arbeiten namentlich Abends bei künstlicher Beleuchtung Schwierigkeiten zu bereiten, das Auge fängt an »weitsichtig, presbyopisch« zu werden. Unter Presbyopie, Weitsichtigkeit verstehen wir nämlich nach Donders' Terminologie das in Folge von seniler Accommodationsbeschränkung geschehende Hinausrücken des Nahepunktes über acht Zoll.

Mit weiter zunehmendem Alter wird das Erkennen kleiner Objecte immer schwerer, es wird dazu sehr helle Beleuchtung gebraucht, nicht allein um die kleinen Netzhautbilder möglichst zu erhellen, sondern auch um bei nicht mehr ganz genauer Accommodation durch starke Verengerung der Pupille die Zerstreuungskreise möglichst zu verkleinern. Dadurch eignen sich die Weitsichtigen eine eigenthümliche Haltung der Objecte an, während sie die Druckschrift ziemlich fern vom Auge halten, suchen sie sich die möglichst günstige Beleuchtung aus, halten z. B. das Buch in dem sie lesen, weit ab, aber so, dass das Licht zwischen Auge und Buch sich befindet.

Gelangt der Nahepunkt auf 12—15 Zoll Abstand, so kann feinste Schrift ohne optische Hülfsmittel gar nicht mehr gelesen werden, und auch gröbere nur undeutlich und mit Mühe, während eine schwache Convexbrille auch ganz feine Schrift leicht entziffern lässt. In den späteren Lebensjahren, 60 und darüber, äussert sich die Abnahme der Accommodationsbreite durch ein rapides Abrücken des Nahepunktes, durch schnell zunehmende Fernsichtigkeit. In der Nähe hört alles deutliche Erkennen auf, und ist schliesslich die Accommodation beinahe auf Null gesunken, so liegt auch der Fernpunkt nicht mehr in ∞, sondern hinter dem Knotenpunkt des Auges, auch in der Ferne wird dann nicht mehr ohne Convexgläser vollkommen scharf gesehen.

Der Zustand seniler Accommodationsbeschränkung im emmetropischen Auge wurde bis vor Kurzem noch nicht oder nicht genügend von dem hyperopischen Refractionszustande getrennt, vielmehr beides als Fernsichtigkeit, Presbyopie zusammen gefasst. Donders hat nun die Nothwendigkeit einer strengen Scheidung zwischen Accommodations- und Refractionsstörung nachgewiesen. Indem er die im Bau des Auges begründete Verminderung der Brechkraft ausschliesslich mit den Namen Hyperopie, Hypermetropie, Uebersichtigkeit belegt, beschränkt er die Ausdrücke Presbyopie, Fernsichtigkeit, Weitsichtigkeit ganz auf Abnahme der Accommodation und zwar auf eine solche Abnahme, welche bereits eine deutliche Sehstörung hervortreten lässt. Zwar ist er genöthigt, hier eine künstliche, willkürliche Grenze zu ziehen, allein mit Recht führt er an, dass die Praxis eines besonderen Ausdruckes für einen Zustand bedarf, der, wenn auch als physiologisch zu betrachten, doch ein optisches Hülfsmittel für die gewöhnlichen Beschäftigungen nöthig macht. Mit der

Aufstellung der Grenze kann man nur einverstanden sein. Donders lässt nämlich die Presbyopie beginnen, wenn der Nahepunkt über 8 Zoll vom Auge abrückt, und bezeichnet dem entsprechend auch den Grad der Presbyopie. $Pr = \frac{1}{8} - \frac{1}{P}$ gibt den Grad an, wenn P der Abstand des Nahepunkts vom Auge ist. Läge z. B. in Folge seniler Accommodationsbeschränkung der Nahepunkt 16 Zoll vor dem Auge, so würde der Grad der Presbyopie $= \frac{1}{8} - \frac{1}{16} = \frac{1}{16}$ sein *). Donders statuirt daher auch eine Complication von Presbyopie mit Hyperopie und Myopie, wenn bei diesen Refractionsabweichungen der Nahepunkt in Folge der Abnahme der Accommodationsbreite über acht Zoll vom Auge abrückt.

Trotz der Mühe und Unbehaglichkeit, welche die Benutzung des weitsichtigen Auges oft genug verursacht, werden doch eigentlich asthenopische Beschwerden, wie sie pag. 59 und 60 beschrieben sind, nicht empfunden, weil die Accommodation nicht ungebührlich angestrengt wird, daher auch keine eigentliche muskulare Ermüdung stattfindet. Nur wenn die Accommodationsbeschränkung hyperopische Augen betrifft, stellt sich accommodative Asthenopie ein und zwar um so früher, je höher der Grad der Hyperopie ist.

Der Unterschied in beiden Fällen liegt darin, dass das Sehen in einiger Entfernung dem Auge mit mässig beschränkter Accommodation gar keine Schwierigkeit macht, dass daher die Objecte nur um Einiges ferner gehalten zu werden brauchen, um ohne alle Anstrengung dauernd deutlich erkannt zu werden. Sind die Objecte, z. B. Druckschrift, gross genug dazu, so verursacht die Beschäftigung mit ihnen keine Mühe, sind sie zu klein, so ist überhaupt das Erkennen und Arbeiten unmöglich. Ganz anders bei Hyperopie, wo zwar feine Objecte für kurze Dauer selbst in grosser Nähe erkannt werden, wo aber auch das Sehen in grösseren Abständen schon starke accommodative Anstrengung erheischt. Hier nützt das Fernerhalten des Arbeitsobjects um einige Zolle fast gar nichts und verhindert nicht das schnelle Eintreten von Ermüdung und schmerzhafter Spannung.

Der Unterschied wird noch verständlicher, wenn man sich in beiden Fällen die relativen Accommodationsbreiten vergegenwärtigt. Die Ausdauer der Accommodation für eine bestimmte Stellung hängt bekanntlich davon ab, dass der positive, noch zu fer-

*) Einfacher würde es sein, und doch dieselben Dienste leisten, wenn man, wo es darauf ankommt, bloss die Lage des Nahepunktes angäbe.

nerer Anspannung verfügbare Theil der relativen Accommodationsbreite nicht zu klein sei im Verhältniss zu dem negativen Theil (cf. pag. 12). Der positive Theil wächst nun bei Emmetropie mit Accommodationsbeschränkung (beginnender Presbyopie) vom binocularen Nahepunkt aus schnell, bei Hyperopie wächst er sehr langsam und bleibt immer sehr klein. Zudem glaubt Donders, dass im ersteren Falle der ohnehin umfänglichere positive Theil wegen der grösseren Widerstände in der senilen Linse noch ein grösseres Maass von Muskelspannung repräsentire, als ein gleich grosser Theil im hyperopischen Auge bedeuten würde.

Der Einfluss der Accommodationsabnahme auf das hyperopische Auge ist schon oben pag. 61 geschildert worden. Der Eintritt accommodativer Asthenopie erfolgt um so frühzeitiger, je höher der Grad der Hyperopie ist. Die gänzliche Unmöglichkeit sich ohne Brille mit nahen, kleinen Objecten zu beschäftigen, tritt begreiflicherweise für das hyperopische Auge viel früher ein, als für das emmetropische. Complication von Hyperopie mit Presbyopie würde der Zustand zu nennen sein, sobald der Nahepunkt des hyperopischen Auges über acht Zoll vom Auge hinausgerückt ist.

Nimmt im myopischen Auge mit dem Alter die Accommodationsbreite ab, so kann das nur bei niederen Graden von Myopie einen Einfluss auf die Benutzung des Auges zum Arbeiten haben. Bei den höheren Graden liegt selbst nach völligem Verlust der Accommodation der Fernpunkt dem Auge noch immer nahe genug, um die Beschäftigung mit feinen Objecten zu gestatten. Bei geringeren Graden jedoch, z. B. $M = \frac{1}{18}$, können, wenn der Nahepunkt über einen gewissen Abstand, z. B. über acht Zoll, hinausrückt, sich dieselben Schwierigkeiten beim Nahesehen ergeben, wie beim emmetropischen Auge. Doch erfolgt diese Complication der Myopie mit Presbyopie später, als im emmetropischen Auge.

Es ist oft von Wichtigkeit zu wissen, ob eine vorhandene Accommodationsbeschränkung bloss die physiologische, vom Alter abhängige, sei, oder ob eine andere Ursache die Accommodation noch um ein Weiteres verringert habe. Zur Entscheidung dieser Frage giebt die obige Tabelle (pag. 178) einen ausreichenden Anhaltspunkt. Erweist sich die Accommodationsbreite als augenscheinlich geringer, als dem Lebensalter zukommt, so können verschiedene Umstände daran Schuld sein. Allgemeine Schwäche in Folge von erschöpfenden Krankheiten, vorzeitiges Altern kann,

wie alle Functionen des Körpers, so auch diese unverhältnissmässig herabsetzen. Fehlen solche Momente, so denke man an beginnende Cataract, welche wahrscheinlich wegen schneller Verhärtung der Linse die Accommodation stark vermindert. Oder an Glaukom, auf welches letztere besonders dann der Verdacht zu lenken ist, wenn Accommodationsbeschränkung und Hyperopie plötzlich entstanden, und ungewöhnlich schnell gewachsen sind. Die Prüfung der Spannung des Bulbus, des Sehfeldes, und die ophthalmoskopische Untersuchung auf beginnende Excavation des Sehnerven werden hauptsächlich zur Entscheidung dienen. Endlich kann die Beschränkung der Accommodation bedingt sein durch Parese, Paralyse, Krampf des Ciliarmuskels, auf deren Erkenntniss unter Anderem Abnormitäten im Pupillardurchmesser hinleiten können. Näheres darüber in den folgenden Abschnitten.

§ 5. Behandlung der durch Anomalieen im passiven Theil des Accommodationsapparats verursachten Accommodationsbeschränkung.

Von einer Behandlung der senilen Accommodationsbeschränkung anders als durch optische Hülfsmittel kann natürlich nicht die Rede sein, jede Bemühung in dieser Richtung würde ebenso vergeblich sein, als wenn man gegen das Ergrauen der Haare zu Felde ziehen wollte. Die Accommodationsthätigkeit kann indessen bis zu einem gewissen Grade durch Brillen ersetzt werden, indem es mittelst derselben möglich ist, den Accommodationsspielraum, mag er gross oder klein sein, nach dem vorhandenen Bedürfniss zu dislociren. Convexbrillen nähern das Accommodationsbereich dem Auge, Concavbrillen entfernen es; über den weiteren Einfluss der Brillen auf die Accommodation cf. pag. 32 bis 34.

Der Gebrauch von Convexbrillen ist bei einigermassen erheblicher Beschränkung des Accommodationsgebietes im emmetropischen Auge unentbehrlich für das Arbeiten in der Nähe. Man thut unrecht daran, denselben so weit als möglich hinauszuschieben, in der Meinung, durch die Brille die Augen zu schwächen. Im Gegentheil ist gerade hier die passende Brille das beste Mittel, um den noch vorhandenen Rest von Accommodation, und überhaupt den normalen Zustand und Gebrauch der Augen möglichst zu erhalten. Es ist daher zweckmässig, sobald das Sehen in der Nähe Schwierigkeiten zu machen beginnt, und ein Convexglas das Sehen wesentlich verdeutlicht und erleichtert, die Brille

ohne Zögern zu Hülfe zu nehmen, und wenn das Accommodationsgebiet sich weiterhin verschmälert, die Brille zu verstärken. $\frac{1}{60}$ pflegt die erste Brille zu sein, die man anfangs nur Abends benutzt, dann später auch bei Tage, während man sie Abends durch eine stärkere ersetzt, und sofort. Die Brille dient nur zur Arbeit, und wird beim Blick in die Ferne abgelegt.

Je weniger vollkommen die Sehschärfe ist, und je mehr Beschäftigung mit kleinen Objecten stattfindet, um so mehr wächst das Bedürfniss nach der Brille.

Wie ist nun die Brille zu wählen, auf welchen Abstand ist der Nahepunkt zu bringen? Wenn einige Accommodation vorhanden ist, so bringe man den Nahepunkt etwa auf 8 Zoll Abstand, dann wird gewöhnlich eine etwas grössere Entfernung zur gewöhnlichen Sehweite benutzt. Ist dagegen die Accommodation fast ganz oder ganz aufgehoben, so verlege man die deutliche Sehweite auf 10—12 Zoll, näher nur bei amblyopischer Complication und demzufolge auch in hohem Alter. Ausser der Nahebrille ist dann oft noch eine Brille für grössere Abstände erforderlich, z. B. zum Klavierspielen, Benutzen von Folianten, auf der Kanzel, — Gelegenheiten, wo auf $1^1/_2$ bis 2 Fuss scharf gesehen werden muss.

Die Berechnung der Brille geschieht, indem man $\frac{1}{P}$ von $\frac{1}{B}$ subtrahirt, $\frac{1}{B} - \frac{1}{P}$, wo P den Abstand des Nahepunktes bedeutet, B den Abstand, auf den der Nahepunkt verlegt werden soll. Befindet sich z. B. der Nahepunkt auf 15 Zoll Abstand und soll auf 10 Zoll Abstand verlegt werden, so wird das erreicht durch $\frac{1}{10} - \frac{1}{15} = \frac{1}{30}$.

Wo zwei Brillen für verschiedene Abstände erforderlich sind und namentlich wo ein öfterer schneller Wechsel in der Benutzung der Abstände eintreten muss z. B. bei Malern, Lehrern, ist es oft vortheilhaft, zwei Gläser von verschiedenem Fokus in einem Gestelle zu vereinigen. Entweder werden die Gläser in zwei Hälften zerschnitten, und das für die Ferne bestimmte Glas in die obere, das für die Nähe bestimmte Glas in die untere Hälfte des Ringes eingefügt (Franklinsche Brillen), oder das Glas wird so geschliffen, dass es in seiner oberen Hälfte die eine, in der unteren die andere verlangte Brennweite hat (Verres à double foyer).

Die Beschäftigung mit sehr feinen Objecten, z. B. die Arbeit des Uhrmachers, Kupferstechers, welche eine Annäherung auf 6 oder gar auf 4 Zoll nöthig macht, bereitet schon in früherem

Lebensalter Schwierigkeit. Selbst bei guter Accommodationsbreite können zu solchen besonderen Zwecken Convexgläser (Loupen) nöthig werden, welche einmal eine grosse Annäherung ohne Anstrengung der Accommodation gestatten, zudem auch die Netzhautbilder wirklich vergrössern. Die gemeinsame Benutzung beider Augen wird hiebei durch die erforderliche starke Convergenz sehr erschwert oder gar unmöglich. Dem kann man dadurch begegnen, dass man die sphärisch-convexe Schleifung mit einer prismatischen in der Weise vereinigen lässt, dass die binoculare Fixation bei geringer Convergenz oder bei Parallelstellung der Sehlinien möglich wird: Die brechende Kante des Prismas ist also nach aussen zu kehren. Es ist dies die von Brücke sogenannte Dissectionsbrille, die für sehr feine Arbeiten von grossem Nutzen ist.

Wie bei dieser relativen, so ist auch oft bei absoluter Insufficienz (Schwäche) der innern geraden Augenmuskeln die Combination mit Prismen, welche den brechenden Winkel nach aussen kehren, nothwendig; dann namentlich, wenn wegen ungenügender Sehschärfe ein geringer Abstand zum Arbeiten benutzt werden muss. Für geringere Grade genügt es, den Abstand der beiden Brillengläser von einander so einzurichten, dass die Sehlinien und die Axen der Gläser nicht zusammen fallen. Bei Convexgläsern muss, um mit geringerer Convergenz zu sehen, der gegenseitige Abstand der Gläser verringert, bei Concavgläsern vermehrt werden. Zum Erproben der Wirkung eignet sich ein Brillengestell mit verschiebbaren Ringen.

Aehnliche Grundsätze, wie die oben angegebenen, gelten für die Brillenwahl bei Myopie und Hyperopie mit Accommodationsbeschränkung. In beiden Fällen werden, wenn das Gebiet der Accommodation sehr gering ist, mehrere Brillen erforderlich sein, bei Hyperopie für die Nähe stärkere Convexgläser, bei Myopie schwächere Concavgläser als für die Ferne. Bei geringer Myopie, geringer als $\frac{1}{12}$ oder $\frac{1}{10}$ (Complication von Myopie mit Presbyopie), können für die Nähe schwache positive Gläser nöthig werden, wenn die Beschränkung der Accommodation so stark ist, dass der Nahepunkt jenseits der der Sehschärfe angemessenen Sehweite liegt.

Die Brillennummer ohne Weiteres nach dem Lebensalter bestimmen zu wollen, ist, selbst nachdem die mit den Jahren gesetz-

mässig fortschreitende Abnahme der Accommodationsbreite nachgewiesen ist, dennoch nicht zulässig. Es wurde bereits erwähnt, dass die Wahl der Brille ausser vom Alter, noch von mancherlei Umständen abhängig ist, insbesondere von dem Refractionszustande, von der Sehschärfe, und der Art der Arbeit. Indess lässt sich für die durchschnittlichen Normalverhältnisse doch eine gewisse, wenigstens annähernd gültige Regel aufstellen. Donders giebt eine Tabelle über die durch senile Accommodationsbeschränkung nöthig werdenden Brillen, in welchen zugleich die mit dem Alter abnehmende Sehschärfe und die dadurch bedingte grössere Annäherung der Objecte berücksichtigt ist.

Alter	Erforderliches Glas		Abstand des deutlichen Sehens	Binoculare Accommodationsbreite	
	Bei vorhandener Emmetropie	Bei ursprünglich dagewesener Emmetropie		Fernpunkt	Nahepunkt
48	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{60}$	14″	60″	10″
50	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{40}$	14″	40″	12″
55	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{28}$	14″	30″	12″
58	$\frac{1}{22}$	$\frac{1}{20}$	13″	22″	12″
60	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{16}$	13″	18″	12″
62	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{12}$	13″	14″	12″
65	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	12″	13″	11″
70	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7.5}$	10″	10″	10″
75	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6.5}$	9″	9″	9″
78	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{5.5}$	8″	8″	8″
80	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{4.5}$	7″	7″	7″

Die Tabelle gilt zunächst für emmetropische Augen, kann aber auch auf ametropische Augen angewandt werden, indem der Grad der Ametropie in Rechnung gebracht wird. Besteht z. B. H $\frac{1}{20}$ bei 55 Jahren, so ist $\frac{1}{20}$ hinzuzufügen zu $\frac{1}{30}$, welches im 55ten Jahre dem emmetropischen Auge entspricht. $\frac{1}{12}$ ist also zu verordnen. Natürlich bedarf eine nach diesem Schema gewählte Brille erst der Bestätigung resp. Berichtigung durch den Versuch.

Das Entbehren einer nothwendigen Brille verringert nicht nur die Leistungsfähigkeit des Auges, es kann unter Umständen auch

zu wirklichem Schaden gereichen. Durch dauernde unpassende Verwendung der Augen kann der Grund zu tieferen Leiden gelegt werden, zu Störungen der Circulation, der Innervation. — Das Tragen zu starker Convexbrillen ist gleichfalls zu vermeiden, obgleich ernstere Nachtheile, wenn die innern geraden Augenmuskeln kräftig genug sind, dadurch kaum hervorgerufen werden. Es muss dann eine geringere Entfernung zum Sehen benutzt und die Accommodation fast ganz ausser Thätigkeit gesetzt werden. Letzteres hat die Folge, dass eine Veränderung der relativen Accommodationsbreiten eintritt, ähnlich wie im myopischen Auge, so dass es nun schwer wird, ohne Convexglas die Accommodation für den Convergenzpunkt der Sehlinien anzunehmen. Aus diesem Grunde ist auch der vorzeitige Gebrauch schwach convexer sogenannter Conservationsbrillen zu einer Zeit, wo die Beschränkung der Accommodation sie noch nicht nöthig macht, für verwerflich zu erklären. Einmal an sie gewöhnt, ist man dann nicht mehr im Stande sie abzulegen.

Bei Aphakie wäre eigentlich, wie jederzeit bei völlig mangelnder Accommodation für jede Entfernung eine besondere Brille zu wünschen. Allein zwei Brillen, eine für die Nähe und eine für die Ferne, reichen fast immer aus. Nur sehr selten wird bei Aphakischen für eine mittlere Entfernung zu besonderen Zwecken (zum Speisen, Klavierspiel, Kartenspiel) eine dritte Brille nöthig sein. Zur Ausgleichung kleiner Differenzen bei der Einstellung giebt es nämlich ein gutes Auskunftsmittel, welches einigermassen die fehlende Accommodation ersetzt, nämlich die Aenderung des Abstandes des Staarglases vom Auge, wie solche durch Verschiebung der Brille auf der Nase sich leicht bewerkstelligen lässt. Bei grösserem Abstande des Glases vom Auge wird in geringerer Entfernung scharf gesehen.

Zur Noth kann auch bei grossen Differenzen in den Abständen der Sehobjecte eine und dieselbe Brille zur Erzeugung scharfer Netzhautbilder benutzt werden. Wenn convex 3 bei $^1/_2$ Zoll Abstand vom Auge für die Ferne erforderlich ist, braucht dasselbe Glas nur um $1^1/_2$ Zoll vom Auge entfernt zu werden, damit Lesen in $13^1/_2$ Zoll möglich wird.

Für welchen Abstand bei Aphakie die Nahebrille einzurichten sei, hängt von der Sehschärfe ab. Je geringer dieselbe, also auch je älter die Individuen sind, desto näher müssen feine Objecte genommen werden. Bei erheblich verminderter Sehschärfe ist die

Brille für den Abstand von 6 Zoll zu berechnen, bei guter Sehschärfe für 8—10—12 Zoll.

Die Netzhautbilder sind bei Aphakie, die durch eine Staarlinse corrigirt wird, namhaft grösser als im emmetropischen Auge bei gleichem Abstande, weil durch die vorgesetzte Linse der Knotenpunkt bedeutend nach vorn gerückt wird. Durch Abrücken schwächerer Gläser vom Auge kann die Vergrösserung sehr weit getrieben werden. Hält man z. B. bei $H = \frac{1}{3}$ eine Linse von 16 Zoll Fokus $13\frac{1}{2}$ Zoll vom Auge, so erscheinen die Objecte siebenfach vergrössert.

Behufs Verordnung der Staarbrillen hat man zuerst möglichst genau die Brille für die Ferne zu bestimmen, nach dieser die anderen Brillen zu berechnen, und dann durch das Experiment zu controlliren. Wenn B die Entfernung in Zollen ist, für welche die Brille passen soll, so hat man nur $\frac{1}{B}$ zu dem dioptrischen Werthe der Fernbrille zu addiren: $\frac{1}{H} + \frac{1}{B}$. Wäre z. B. $\frac{1}{3\frac{1}{2}}$ das für die Ferne geeignete Glas, und der gewünschte Abstand für die Nahebrille betrüge 8 Zoll, so wäre diese Brille $= \frac{1}{3\frac{1}{2}} + \frac{1}{8} = \frac{1}{2.43}$ d. h. ungefähr von $2\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite.

Um den nie fehlenden regelmässigen Astigmatismus des aphakischen Auges zu corrigiren, genügt es meist das Convexglas in der geeignet befundenen Weise etwas schief zu stellen (cf. pag. 152). Bedeutendere Grade von Astigmatismus jedoch kann man auch mit Vortheil durch ein sphärisch-cylindrisches Convexglas corrigiren.

Hat nur ein Auge die Linse verloren, das andere aber ein gutes Sehvermögen, so wird man dem ersteren kein Staarglas geben dürfen. Namentlich bei jungen Individuen werden trotz der bedeutenden Zerstreuungskreise doch nach einiger Uebung die Bilder des linsenlosen Auges wenigstens theilweise verwerthet, insbesondere das Sehfeld nach der betreffenden Seite hin erweitert und so die Orientirung erleichtert.

Achtes Capitel.

Accommodationsstörungen durch Anomalieen im activen Theil des Accommodationsapparates.

Die Accommodationsthätigkeit kann gestört sein durch Aufhebung oder Verminderung der Contractionsfähigkeit des Ciliarmuskels (Lähmung, Entzündung, organische Veränderungen); aber ebenso auch durch Beschränkung der Erschlaffungsfähigkeit, bei Vermehrung der Contraction in Form von Spasmen oder dauernder Erhöhung des mittleren Contractionszustandes. Endlich kommen hier noch Störungen in den sensiblen Nerven des Ciliarmuskels in Betracht, welche zwar die Contraction nicht aufheben, welche aber wegen der damit verbundenen Schmerzhaftigkeit die Benutzung der Accommodation beschränken.

A. Lähmung der Accommodation.

Schon vor längerer Zeit hatte Wells (1811) eine richtige Vorstellung von der Accommodationslähmung, kannte auch bereits die die Accommodation lähmende Wirkung der Mydriatica, doch nahmen die Augenärzte wenig Notiz davon. Lange wurde der Zustand unvollkommen verstanden, und unter den Namen „plötzlich entstandener Presbyopie“ (Himly), Ciliaramaurose (v. Walther), Amblyopie presbytique (Sichel), beschrieben, übrigens vielfach mit amblyopischen Affectionen verwechselt. Erst mit genauerer Kenntniss des Accommodationsvorganges wurde das richtige Verständniss allgemeiner. In neuerer Zeit erregte das häufige Vorkommen der Accommodationsparese unter den diphtheritischen Lähmungen ein allgemeineres Interesse, und wurde die Natur der dabei vorkommenden Sehstörung von Donders genau analysirt.

Neuere Quellen:

F. v. Willebrand Ueber den Gebrauch des Secale cornutum bei Accommodationsstörungen des Auges und einigen andern krankhaften Zuständen. Archiv f. Ophth. IV. 1. 341. 1858.

Donders Paralytische Symptome nach Diphtheritis faucium. Archiv f. d. holländ. Beiträge zur Natur und Heilkunde. II. pag. 453. 1860.

Jacobson Ueber eine Refractions-Veränderung des Auges, welche nach Accommodationslähmung beobachtet wird. Archiv f. Ophth. X. 2. pag. 47. 1864.

Mannhardt Ophthalmologische Fälle von Febris intermittens larvata. Klinische Monatsbl. f. Augenheilkunde. III. pag. 18. 1865.

§ 1. Sehstörungen durch Lähmung der Accommodation.

Die Aufhebung der Function des Ciliarmuskels giebt sich dadurch kund, dass das Auge der Fähigkeit, sich für verschiedene Abstände einzustellen, verlustig ist. Das scharfe Sehen ist bei vollständiger Paralyse lediglich auf den Abstand des Fernpunktes beschränkt, und fehlt ganz, wenn dieser nicht mehr in endlicher Entfernung liegt. Die Klagen der Patienten mit gelähmter Accommodation richten sich daher ganz nach dem Refractionszustande ihrer Augen. Kurzsichtige können in einer gewissen endlichen Entfernung vollkommen scharf sehen, und wenn ihr Fernpunkt eine günstige Lage hat, sind sie in ihren gewöhnlichen Beschäftigungen kaum behindert. Das Sehen in grösster Nähe ist freilich undeutlich, auch das Sehen in der Ferne ohne Brille ist undeutlicher als sonst, weil die gewöhnlich stark erweiterte Pupille grössere Zerstreuungskreise und zugleich Blendung bedingt.

Viel grössere Störungen erleidet das emmetropische und das hyperopische Auge. Ersteres erfährt bei vollständiger Paralyse der Accommodation einige Verminderung der Refraction, wird etwas hyperopisch, so dass genau genommen, in keinem Abstande ganz scharf gesehen wird. In der Ferne ist das Sehen noch erträglich gut, das Arbeiten in der Nähe aber ohne optische Hülfe unmöglich. Noch schlimmer sind die Hyperopen daran, welche auch in der Ferne sehr undeutlich sehen.

Der Verwechselung dieser Sehstörungen mit Amblyopie wird dadurch vorgebeugt, dass mit geeigneten Convexgläsern in jedem beliebigen Abstande unter dem der normalen Sehschärfe entsprechenden Gesichtswinkel scharf gesehen wird. Eine Verwechselung mit blosser hyperopischer Refraction aber ist deshalb unmöglich, weil mit jedem Convexglase nur in einer einzigen Entfernung — bei unvollständiger Lähmung in einem geringen Spielraum — scharf gesehen wird.

Bei unvollständiger Lähmung, Parese, der Accommodation kann die Leistungsfähigkeit in doppelter Beziehung geschwächt sein. Einmal kann die Excursion der Muskelcontraction herabgesetzt sein, was sich durch Abnahme der absoluten Accommodationsbreite äussert. Sodann kann bei unveränderter Excursion die Energie der Contraction verringert sein, was sich in der Ausdehnung und Lage der relativen Accommodationsbreiten, und der Vertheilung in den positiven und negativen Theil documentirt. Dann ist zwar die Einstellung des Auges für geringe Abstände möglich, kann aber nur für sehr kurze Dauer erhalten werden. Endlich kann beides, Abnahme der Excursion und der Energie der Accommodation vereinigt sein — und bei den höheren Graden ist es wohl in der Regel so.

Die Accommodations-Parese macht bei Myopie sehr wenig Beschwerde, da schon die gänzliche Paralyse so wenig Nachtheile mit sich bringt. Bei Emmetropie dagegen (auch wohl bei Myopie sehr geringen Grades) sind die Klagen ganz anderer Art als bei gänzlicher Paralyse. Die Einstellung für nicht zu geringe Abstände ist zwar momentan möglich, hat aber schnelle Ermüdung zur Folge, unter den sonst bei Hyperopie beobachteten Symptomen der accommodativen Asthenopie (cf. pag. 59). Lesen, Schreiben und ähnliche Beschäftigungen machen Schwierigkeit, können nicht lange fortgesetzt werden. In noch höheren Graden tritt diese Asthenopie bei Hyperopie mit Accommodations-Parese auf, da hier ja eine relative Insufficienz der Accommodation ohnehin schon besteht. Schon eine geringe Schwächung der Accommodation macht das Auge des Hyperopen unfähig zur Arbeit, weil die Accommodation für den Arbeitsabstand gar nicht mehr oder nur mit äusserster Anstrengung ins Werk gesetzt werden kann. Selbst das Sehen in der Ferne erfordert Anstrengung. Die Asthenopie muss um so schneller eintreten, da bei ungenauer Accommodation wegen der vergrösserten Pupille schlecht gesehen wird, und da die relative Accommodationsbreite eine sehr ungünstige Lage hat. Während nämlich bei stärkster Convergenz durch momentane heftige Anstrengung der accommodative Nahepunkt ganz in die Nähe des Convergenzpunktes gebracht werden kann, ist die bei mittlerer Convergenz disponible Accommodation sehr gering.

Ein der Accommodationslähmung eigenthümliches, wenn auch

nicht constantes Symptom ist die Micropie, die namentlich dann auftritt, wenn noch ein Rest von Accommodation übrig ist. Die Objecte erscheinen kleiner, weil mit der stärkeren Accommodationsanstrengung oder mit dem vergeblichen Bestreben zu accommodiren die Vorstellung einer geringeren Entfernung des Objects verbunden ist. Man glaubt das Object näher und deshalb kleiner.

Will man den Grad der Accommodations-Parese bestimmen, so hat man durch genaue Bestimmung des Nahe- und Fernpunktes den Betrag der Accommodationsbreite zu ermitteln. Der Vergleich mit der dem betreffenden Alter zukommenden normalen durchschnittlichen Accommodationsbreite (cf. die Tabelle pag. 178) gewährt ein Urtheil über die Functionsverminderung in Bezug auf die Excursion. Viel schwieriger ist die Herabsetzung der Energie dem Grade nach abzuschätzen; eine sorgfältige Bestimmung der relativen Accommodationsbreiten würde dazu erforderlich sein.

Wenn die Accommodationslähmung einseitig ist, sind die Sehstörungen weniger nachtheilig. Der Unterschied im Brechzustande beider Augen ist im Anfange zwar sehr störend, bei längerer Dauer jedoch immer weniger, und wird zuletzt kaum bemerkt.

§ 2. Aetiologie der Accommodationslähmung.

Die Function des Ciliarmuskels kann aufgehoben werden sowohl durch Ursachen, welche in den motorischen Nerven liegen — neuropathische Lähmung — als durch Ursachen, welche im Muskel liegen — myopathische Lähmung.

So viel wir bis jetzt wissen, erhält der Ciliarmuskel seine motorische Innervation vom Nervus oculomotorius (Radix brevis des Ciliarganglions). Ob die von H. Müller entdeckten Kreismuskelfasern eine besondere anderweitige Innervationsquelle haben, und ein antagonistisches Verhältniss zwischen den verschiedenen Theilen des Ciliarmuskels obwaltet, wie zwischen den radiären und kreisförmigen Muskelfasern der Iris, ist unbekannt. Ein Einfluss des Sympathicus auf die Accommodation ist zur Zeit nicht festgestellt.

Vollständige Lähmung des Oculomotorius hat fast stets *) voll-

*) v. Graefe hat indessen Fälle beobachtet, wo die Kranken trotz absoluter Immobilität des Bulbus (N. oculomotorius, abducens und trochlearis waren gelähmt)

ständige Lähmung der Accommodation zur Folge. Bei unvollständiger Lähmung dieses Nerven kann die Accommodation intakt sein, während andere Zweige afficirt sind. Es kann aber auch die Accommodation ganz allein paretisch oder paralytisch sein ohne Lähmung in andern Zweigen des Nerven. Häufig kommen Combinationen von Lähmungen des Accommodationszweiges mit Lähmung einzelner anderer Oculomotoriuszweige vor, am häufigsten mit Lähmung des Sphincter Iridis, — Mydriasis —, dann aber auch mit Ptosis des oberen Lides und Lähmung einzelner vom Oculomotorius abhängiger Augenmuskeln. Vollkommene Paralyse der Accommodation ist fast immer mit Mydriasis und Immobilität der Pupille verbunden, ebenso umgekehrt, doch kommen auch seltene Fälle vor, wo eins ohne das andere besteht.

Die isolirte Lähmung des Ciliarmuskels ist namentlich in geringeren Graden als Parese, Atonie, Schwäche ein häufiges Vorkommniss. Bei jüngeren Individuen, auch bei Kindern wird sie am meisten beobachtet, was wohl darin seinen Grund hat, dass bei älteren die Accommodation ohnehin schon so stark beschränkt ist, dass eine Verminderung in der Thätigkeit des Accommodationsmuskels nicht mehr erheblich ins Gewicht fällt. Nach Donders Erfahrungen sollen Frauen von blosser Accommodationslähmung überwiegend häufig befallen werden, während Lähmung des Oculomotorius bei ihnen viel seltener ist als bei Männern.

Unter den speciellen Ursachen der neuropathischen Accommodationslähmung haben wir zu unterscheiden die centralen und die peripherischen. Die mannigfachen Ursachen der Oculomotoriuslähmung im Allgemeinen brauchen hier keiner Erörterung unterzogen zu werden. Die verschiedenartigsten Leiden des Gehirns, der Basis cranii, des Nervenstammes innerhalb und ausserhalb der Orbita wären zu erwähnen, die Syphilis als besonders häufig zu Grunde liegend. Die Thatsache sei erwähnt, dass nach v. Graefes Beobachtung Accommodationsparese mit Mydriasis zuweilen Vorläufer von Geisteskrankheiten ist, insbesondere wenn die Affection vorübergehend ist, mehrmals recidivirt, abwechselnd beide Augen befällt.

---

ein ausgezeichnetes Accommodationsvermögen besassen. Diese Fälle wurden als ein schlagendes Argument benutzt gegen Diejenigen, welche die Accommodationsthätigkeit den Augenmuskeln zuschreiben wollten.

Ein besonderes Interesse bietet die Accommodationslähmung unter den sog. diphtheritischen Lähmungen. Bekanntlich treten nicht selten nach diphtheritischer Erkrankung der Fauces (ausnahmsweise auch nach gutartiger Angina) ausgebreitete Lähmungen auf, und unter diesen gehört die Accommodationslähmung zu den gewöhnlichsten. Sehr charakteristisch ist die Combination von Parese der Accommodation mit Parese des weichen Gaumens (welche durch den mangelhaften Abschluss der Nasenhöhle eigenthümliche Sprachstörungen hervorruft) und des Schlundes, oft mit nachfolgender Parese der unteren Extremitäten. Bemerkenswerther Weise treten diese Lähmungen nie während des Verlaufes, sondern stets erst einige Wochen nach der Heilung des diphtheritischen Localleidens auf. Hierüber wie überhaupt über die Natur und Ursachen dieser Lähmungserscheinungen fehlt es noch sehr an Aufklärung; wir wissen nicht einmal sicher, ob sie centraler oder peripherischer Art sind. Auf der einen Seite wird behauptet, dass die mit der Allgemeinerkrankung verbundene Alteration der Blutmischung krankhafte Processe in den Centralorganen des Nervensystems erzeugt. Andrerseits sprechen manche Fälle einseitiger Lähmung bei einseitigem Halsleiden für locale Ausbreitung der Störung von der Peripherie aus. Und endlich wird von Zenker, welcher Degeneration der Muskeln (ähnlich wie beim Typhus) gefunden hat, myopathischer Ursprung der diphtheritischen Lähmungen angenommen. Möllers Hypothese, die häufige paretische Affection des Sehorgans beruhe auf der Fortleitung eines krankhaften Processes von den Gaumennerven durch ein das Ganglion sphenopalatinum mit dem Ganglion ciliare verbindendes Nervenfädchen, (das Hyrtl übrigens für ein fibröses Bälkchen erklärt) erscheint gar zu wenig gestützt.

Der Verlauf der diphtheritischen Lähmung der Accommodation, bei der öfters auch andere Oculomotoriuszweige betheiligt sind, so dass Schielabweichung und Doppeltsehen stattfindet, ist durchaus günstig. Nach einigen Wochen oder Monaten pflegt spontane Herstellung zu erfolgen, auch die Verminderung der Refraction des Auges, welche die Folge selbst unvollkommener Accommodationsparalyse ist, verschwindet dann wieder.

Intermittirende Accommodationsparese ist von Mann-

hardt als larvirte Febris intermittens beobachtet worden, in kurz dauernden Anfällen von Undeutlichsehen durch Accommodationsbeschränkung, täglich oder zweimal des Tages, in einem Falle gefolgt von Supraorbitalschmerz und Erbrechen, durch Chinin schnell geheilt. Unter den peripherischen Accommodationsparalysen sind zuerst die traumatischen zu nennen. Stösse, Schläge, welche das Auge treffen, bewirken zuweilen Mydriasis und Accommodationslähmung, in manchen Fällen unter Zerreissung der Zonula Zinnii, der Iris und des Ciliarmuskels, aber auch ohne solche.

Viel häufiger, ja vielleicht die häufigsten von allen hochgradigen isolirten Accommodationslähmungen sind die sog. rheumatischen, als deren Ursachen Erkältungen, und plötzlicher Temperaturwechsel angegeben werden. Man nimmt dabei entzündliche Affection der Nervenscheiden an. Der meist plötzlich entstehenden Lähmung gehen zuweilen Schmerzen, in andern Fällen Anästhesie in der Umgebung des Auges vorher.

Von grossem Interesse ist ferner die Lähmung durch gewisse vegetabilische Gifte, welche sich nur auf die den Sphincter der Iris und den Ciliarmuskel versorgenden Zweige des Oculomotorius erstreckt. Belladonna, Hyoscyamus, Stramonium haben die merkwürdige Wirkung der Mydriasis und Accommodationslähmung, welche an den in denselben enthaltenen Alkaloiden, Atropin, Hyoscyamin, Daturin haftet. Atropin, oder das schwefelsaure Salz desselben, ist das Hauptmittel dieser Gattung, und auch für die Therapie von ausserordentlich hohem Werthe.

Bei innerem Gebrauch oder bei hypodermatischer Application jener Mittel geschieht die erwähnte Wirkung durch Uebergang in die allgemeine Circulation, manifestirt sich daher auch an beiden Augen gleichzeitig. Sie tritt erst bei den stärkeren medicinischen Dosen schwach hervor, ist jedoch in Vergiftungsfällen sehr bedeutend. Bei localer Application, Einträufeln der Lösung in den Conjunctivalsack wirkt das Mittel viel schneller und stärker, aber nur auf das Auge, auf welches es applicirt ist. Die Lösung durchdringt die Hornhaut, tritt in den Humor aqueus über, und wirkt direkt auf die Nervenfasern oder Ganglienzellen des Ciliarmuskels und der Irismuskeln ein.

Ein interessantes Experiment liefert den Beweis für den

Uebergang in den Humor aqueus. Bringt man den Humor aqueus eines durch Atropin mydriatisirten Kaninchens in den Conjunctivalsack eines anderen Thieres, so wird dessen Pupille dilatirt. Wenn bei innerlicher Darreichung durch Aufnahme des Giftes ins Blut die Lähmung erfolgt, kann der Uebergang in den Humor aqueus nicht nachgewiesen werden.

Kleine Dosen Atropin wirken nur mydriatisch, erst höhere paralysiren auch die Accommodation. Die Accommodationslähmung beginnt etwas später als die Erweiterung der Pupille, erreicht in etwas mehr als einer Stunde ihre Höhe, dauert bei kräftigen Dosen (ein Tropfen einer Lösung im Verhältniss von 1 : 120) mehrere Tage, zuweilen selbst bis zwei Wochen, und hält dann im Abnehmen und Verschwinden ziemlich gleichen Schritt mit der Mydriasis. Während das Accommodationsgebiet durch successives Abrücken des Nahepunktes, und schliessliche Vereinigung mit dem Fernpunkt vernichtet wird, bleibt die Lage des Fernpunktes unverändert, oder rückt nur um ein sehr Geringes heraus, so dass die Refraction des Auges nur etwa um $\frac{1}{80}$ bis $\frac{1}{60}$ vermindert wird. Nur wo der Accommodationsmuskel vorher nicht im Zustande voller Erschlaffung war, also besonders bei latenter Hyperopie wird der Fernpunkt um ein grösseres Maass abgerückt.

Schwächere Atropinlösungen lähmen die Accommodation auf kürzere Zeit, oder schwächen sie nur. Bei stärkerer Verdünnung als 1 : 10000 ist zwar noch eine einige Stunden währende Erweiterung der Pupille, aber kein Einfluss auf die Accommodation bemerkbar.

Bemerkenswerth ist es, dass auch die kräftigste und andauerndste, selbst Monate und Jahre lang fortgesetzte Anwendung der Mydriatica, wie sie der unschätzbaren therapeutischen Eigenschaften halber so oft geschieht, keinen nachtheiligen Einfluss auf die Contractionsfähigkeit des Sphincter iridis und des Ciliarmuskels übt. Höchstens einige Reizung der Conjunctiva tritt in manchen Augen nach so langem Gebrauch ein.

Auch bei künstlicher Accommodationslähmung macht sich zuweilen das Symptom der Micropie geltend. Namentlich um die Zeit erscheinen die Sehobjecte kleiner, wo die Accommodation noch nicht völlig gelähmt ist. Die Erklärung ist oben bereits gegeben, die stärkere Anstrengung der Accommodation bewirkt

die Vorstellung grösserer Nähe. Am auffallendsten ist die Verkleinerung daher, wenn das Object bis an die Grenzen des abgerückten Nahepunktes gebracht, und eben noch mit äusserster Anstrengung klar gesehen wird (v. Graefe).

Die Mydriatica üben ausser der lähmenden Einwirkung auf die vom Oculomotorius stammenden Fasern des Sphincter iridis und des Musculus ciliaris sehr wahrscheinlich noch eine reizende Einwirkung auf die sympathischen Nervenfasern des Dilatator iridis mittelst der in der Iris zerstreuten Ganglienzellen aus, was aus der von Ruete zuerst beobachteten Thatsache hervorgeht, dass die durch Oculomotoriuslähmung auf ein mittleres Maass erweiterte unbewegliche Pupille durch Belladonna noch um ein Bedeutendes vergrössert wird. Dass ein ähnliches Verhältniss bei der Accommodation stattfinde, welches der Grund der zur Accommodationslähmung hinzutretenden Refractionsverminderung sei, ist eine blosse Conjectur, für welche zur Zeit noch keinerlei stichhaltigen Gründe angeführt werden können.

Nach v. Graefe hat die Instillation von Atropin auch die Wirkung, die Spannung des Auges herabzusetzen. Donders glaubt dies nicht durch Paralyse der Accommodation erklären zu dürfen, weil eine etwa durch die Accommodation bewirkte Druckerhöhung sehr bald (wie bei einem mit dem Finger auf den Bulbus ausgeübten Druck) durch Resorption einiger Flüssigkeit ausgeglichen sein würde. Er hält vielmehr die Spannung des Auges für abhängig von den secretorischen Nervenfasern des Trigeminus und vermuthet, dass die Lähmung dieser Nerven die Spannung im Auge herabsetze.

Noch manche andere als die erwähnten Gifte scheinen eine lähmende Wirkung auf die Accommodation zu üben, z. B. Wurstgift.

Die Contractionsfähigkeit des Ciliarmuskels kann ausser durch aufgehobene oder verringerte Leitung in den motorischen Nerven auch abnehmen oder vernichtet werden durch Anomalieen des Muskels, was wir als myopathische Lähmung bezeichnen können, also durch Entzündung des Muskels und deren Folgen, Degeneration, Atrophie.

Bei acuten wie chronischen inneren Augenentzündungen mit Betheiligung des Ciliarkörpers, bei Cyclitis, Iridocyclitis, Irido-Chorioideitis, ist daher fast stets das Accommodationsvermögen herabgesetzt. Bei Glaukomen, wo noch die Compression der in der Choroidea verlaufenden, die Accommodation beherrschenden Ciliarnerven dazu kommt, fehlt es meist gänzlich.

Atrophie ist die sehr häufige Folge von Entzündungen, sie tritt aber auch ohne Entzündung allmählich im höheren Alter ein, wenn die Thätigkeit des Ciliarmuskels wegen des immer wachsenden Widerstandes der consistenter werdenden Linse erfolglos ist.

Von anderweiten myopathischen Ursachen der Lähmung sei die Trichiniasis erwähnt, wo vermuthlich die Einwanderung und Entwickelung der Thierchen im Ciliarmuskel die Schuld trägt. Vielleicht gehört hieher auch eine Ernährungsstörung der Muskelfasern bei den sog. diphtheritischen Lähmungen, von denen oben (pag. 194) die Rede war.

Auch die Atonie und Schwäche (Abnahme der Energie) des Accommodationsmuskels gehört wohl oft zu den Myopathieen, welche sehr häufig mit allgemeinen Schwächezuständen zusammenfällt. Im Verlauf oder in Folge von fieberhaften Krankheiten, besonders in der Reconvalescenz, nach Blutverlusten, bei kachektischen, marastischen, anämischen Individuen, bei Typhus, Tuberkulose, Chlorose, im Puerperium, bei Säufern, besonders häufig bei Diabetes mellitus beobachtet man oft sehr hochgradige Accommodationsbeschränkung in beiden Augen, ohne dass man eine wirkliche Innervationsstörung anzunehmen berechtigt wäre. Man darf annehmen, dass eine unvollkommene Ernährung die Ursache ist.

Eine sehr gewöhnliche Ursache von Accommodationsschwäche ist Ueberanstrengung der Accommodation, daher eine solche oft die Gelegenheit zum ersten Hervortreten der Asthenopie bei hyperopischem Refractionszustande giebt.

Endlich ist hier noch daran zu erinnern, dass Mangel an Uebung der Accommodation eine Verringerung wenigstens der Energie zur Folge hat. Ein Beispiel liefert jeder Myop, der keine Brille benutzt. Er hat bei guter absoluter Accommodationsbreite nur einen sehr geringen Theil seiner Accommodation in seiner Gewalt, weil er sie zu üben keine Veranlassung hat.

§ 3. Prognose und Behandlung der Accommodationslähmung.

Es ist oft schwer für die Accommodationslähmung eine sichere Prognose zu stellen. Bald verschwindet sie in einigen Wochen oder Monaten, gewöhnlich gleichzeitig mit der sie begleitenden Mydriasis, bald ist sie unheilbar und trotzt allen Curversuchen.

Natürlich hängt viel von den Ursachen und davon ab, ob wir auf dieselben Einfluss üben können. Die Therapie der centralen Leiden kann hier nicht abgehandelt werden. Unter diesen gewähren blosse Circulationsstörungen noch die günstigste Aussicht, doch muss man auf Wiederkehr und Uebersprungen aufs andere Auge gefasst sein, woran sich, wie erwähnt, zuweilen die Befürchtung allgemeiner cerebraler Störungen knüpft. Eine gute Prognose giebt die diphtheritische Accommodationslähmung, man hat nur für gute Ernährung, tonisirende Diät zu sorgen. Bergluft, Seebäder, der innere Gebrauch von Chinin, Eisen dienen zur Beschleunigung. — Intermittirende Accommodationslähmung ist in den bisher beobachteten Fällen rasch durch Chinin geheilt worden.

Bei den sog. rheumatischen, und ebenso bei traumatischen, Lähmungen sind örtliche Blutentziehungen und Ableitungen, z. B. Einreibungen von Veratrinsalbe ums Auge, oft von schnellem Erfolge, doch ist die Prognose vorsichtig zu stellen, da manchmal der Erfolg ausbleibt, und alle Therapie vergeblich sein kann.

Von dem inneren Gebrauch von Secale cornutum (zu gr. v, 4mal des Tages) rühmt v. Willebrand vortreffliche Erfolge.

Galvanismus ist zuweilen nützlich; sowohl vom inducirten als vom constanten Strom werden Heilungen berichtet, doch sind die Indicationen noch nicht näher festgestellt.

Für die örtliche Behandlung der Accommodationsparesen ist eine neue Waffe gewonnen worden in der Calabarbohne. Zwar fehlt es noch an sicheren Ergebnissen über die Heilerfolge dieses Mittels, aber es scheint, dass es in einem Theil der Fälle, die sich noch nicht sicher umgränzen lassen, mit Nutzen angewandt wird, indem es die Wiederkehr und das Wachsen der Accommodationsthätigkeit beschleunigt. — Man erzielt durch Calabar bei Accommodationsparesen bald bloss Vermehrung der Refraction, bald Verbreiterung des Accommodationsgebietes durch Heranrücken des Nahepunktes.

In manchen pathologischen Fällen ist die Anwendung der Calabarpräparate ohne alle Einwirkung auf die Accommodation, selbst da, wo die myotische Wirkung auf die Pupille im vollsten Maass stattfindet. Selbstverständlich kann die senile Accommodationsbeschränkung nicht Object erfolgreicher Behandlung durch

Calabar werden, weil hier keine Anomalie im activen, sondern im passiven Theil des Accommodationsapparates vorliegt. Ebenso wenig wird diese, oder überhaupt irgend eine Behandlung nützen können, wo der Ciliarmuskel gänzlich degenerirt oder atrophisch ist. — Die physiologische Wirkung der Calabarmittel wird im nächsten Abschnitte besprochen.

Das Mittel ist noch nicht so weit in den Arzneischatz recipirt, dass über Präparate, Dosirung etc. zur praktischen Verwendung sich etwas Bestimmtes angeben liesse. Bisher wurde meist das in London gefertigte, mit Extract getränkte sogenannte Calabarpapier oder Gelatine, oder eine Solution von gr. jv—ℨj Extract auf ℥j angewandt.

Recht schätzbare Anhaltspunkte für die therapeutische Anwendung und die Hoffnungen, die man daran knüpfen darf, liefert die sehr instructive Einwirkung des Mittels auf künstlich erzeugte Atropin-Mydriasis mit Accommodationslähmung. Die Wirkung des Atropins ist im entgegengesetzten Sinne eine viel intensivere, als die der Calabarbohne. (Nach Fronmüller soll sie das 30fache betragen, in umgekehrter Richtung von der des Alkaloids der Calabarbohne, des Physostigmins.) Daher vermag die letztere sehr wenig gegen den höchsten Grad der Atropinwirkung, aber sie macht sich geltend bei den schwächeren Graden, wenn das Atropin in schwächeren Dosen eingewirkt hat, oder wenn die Wirkung bereits im Abnehmen begriffen ist. Alsdann gelingt es den Verlauf der Atropinlähmung abzukürzen, oder die Calabarwirkung intercalirt sich in die Atropinwirkung in der Weise, dass die Lähmung nur für einen kurzen Zeitraum unterbrochen, und durch einen Spasmus ersetzt wird, dann aber wiederkehrt (v. Graefe). Selbst zur Zeit vollständigster Atropinmydriasis und Accommodationslähmung vermag die Calabarbohne wenigstens für ganz kurze Zeit einen kleinen Theil der Accommodation herzustellen (Donders).

Jedenfalls lässt sich Calabar praktisch zur Abkürzung der Atropinmydriasis benutzen.

Entzündliche Affectionen des Ciliarmuskels, die so oft in Begleitung innerer Augenentzündungen vorkommen, werden günstigenfalls bei der diesen Krankheiten zukommenden Behandlung rückgängig und die Accommodation hergestellt. Gegen Degenerationen und Atrophie des Muskels wird man freilich vergeblich ankämpfen. Nach glaukomatöser Entzündung wird Herstellung der Accommodation nicht

beobachtet, auch wenn die andern Erscheinungen in günstigster Weise zurückgehen.

Bei der atonischen Accommodationsbeschränkung, wie sie im Gefolge consumptiver Krankheiten auftritt, greift man zu einer tonisirenden Therapie, örtlich sowohl, (kalte Douche, aromatische Waschungen, Galvanismus) als innerlich (Eisen, China, Wein). Nach acuten Krankheiten restituirt sich die Kraft des Accommodationsmuskels, wie aller andern Muskeln meistens bald, bei chronischen ist oft jede Therapie umsonst.

Der Erschöpfung der Accommodationskraft durch Ueberanstrengung begegnet man am besten durch Ruhe, welche um so länger dauern muss, je grösser die Erschöpfung war. Auch hier sind die eben erwähnten örtlich erregenden Mittel am Orte, insbesondere übt die kalte Brause eine kräftigende und angenehm erfrischende Wirkung. Freilich muss der Wiederkehr der Uebermüdung dadurch vorgebeugt werden, dass nicht ungemessene Ansprüche an die Accommodation gemacht werden. Bei hyperopischer Refraction muss also zur Arbeit die passende Convexbrille verwendet werden, dann hören auch die asthenopischen Beschwerden auf. Dasselbe gilt für die durch Accommodationsparese im emmetropischen Auge verursachte Asthenopie. Dieselbe schwindet, sobald man durch schwache Convexgläser die zum Arbeiten erforderliche Anspannung der Accommodation vermindert. Brillen sind überhaupt bei allen Accommodationslähmungen höheren Grades, wenn sie beide Augen betreffen, zum Scharfsehen in verschiedenen Entfernungen erforderlich; bei den unheilbaren Fällen dauernd, bei den heilbaren wenigstens eine Zeit lang. Kurzsichtige pflegen ausser ihrer Fernbrille keine andere zu brauchen, nur bei geringen Graden von Myopie kann eine schwache Convexbrille zum Arbeiten nöthig werden. Das emmetropische und hyperopische Auge bedarf dagegen zur Arbeit fast immer einer Convexbrille. Ueber die Wahl derselben gilt dasselbe, was im vorigen Abschnitte für die senile Accommodationsbeschränkung angeführt ist. Da die Stärke der Brille sich nach der vorhandenen Accommodationsbreite richtet, so muss mit fortschreitender Besserung der Parese die Brille durch eine schwächere ersetzt werden. Auch gelingt es zuweilen, durch die Brille die Heilung zu beför-

dern, indem bei gradueller Abschwächung der Gläser die Anforderungen an die Accommodation allmählich gesteigert werden, und der Muskel durch Uebung an Kraft und Energie gewinnt.

B. Krampf der Accommodation.

Von einem Krampf der Accommodation konnte erst die Rede sein, nachdem die muskulöse Natur des activen Theils des Accommodationsapparates erkannt worden war. v. Graefe lieferte (1856) die ersten exacten Beobachtungen von Accommodationskrampf. Liebreich und Donders lehrten andere Formen von spastischer Accommodationsbeschränkung kennen. Ich beobachtete eine klonische Krampfform. Von grosser Wichtigkeit war die Entdeckung der spasmodischen Wirkung, welche das neue Myoticum, die Calabarbohne, auf die Accommodation ausübt, durch Argyll Robertson (1863). Dies Mittel hat bereits eine ganze Literatur hervorgerufen, (unter der eine Arbeit von v. Graefe als die bedeutendste hervorzuheben ist) bis jetzt aber mehr interessante physiologische Aufschlüsse, als glänzende therapeutische Resultate gewährt.

Neuere Quellen:

v. Graefe Ueber Myopia in distans. Archiv f. Ophth. II. 1. pag. 158. 1855.

v. Graefe Die Accommodationskrankheiten, als Muskelkrankheiten, 2 Fälle vom Krampf der Accommodationsmuskeln. Archiv f. Ophth. II. 2. pag. 304. 1856.

Liebreich Scheinbare Kurzsichtigkeit bei übersichtigem Bau und Accommodationskrampf. Archiv für Ophth. VIII. 1. pag. 259. 1861.

v. Graefe Ueber Calabarbohne. Archiv f. Ophth. IX. 3. pag. 87. 1863.

Donders De werking der mydriatica en der myotica. Nederlandsch Archief voor Genees- en Natuurkunde I. pag. 84. 1864. Französische Uebersetzung in den Annales d'oculistique 53. pag. 5. Englische Uebersetzung in dem Werke über Anomalies of accommodation etc.

§. 1. Formen und Erscheinungen des Accommodationskrampfes.

Wie jeder andere Muskel, so kann auch der Accommodationsmuskel in krampfhafte Verkürzung gerathen. Damit geht zunächst die Fähigkeit voller Erschlaffung verloren. Bald ist dann der

Muskel, wie beim Tetanus, zugleich aller weiteren Contractionsfähigkeit beraubt, bald verbleibt ihm der von dem physiologischen Maass noch übrige Theil derselben, ja in noch andern Fällen wird sie über das physiologische Maximum erhöht. Hienach, so wie nach Grad und Dauer der spastischen Contraction haben wir mehrere Formen von Accommodationskrampf zu unterscheiden. Ihnen allen gemeinsam ist die Näherung des beim Sehen erreichbaren Fernpunktes und das Unvermögen, den natürlichen, dem Bau des Auges entsprechenden Fernpunkt durch Erschlaffung der Accommodation willkürlich zu erreichen; verschieden ist die Lage des Nahepunktes, somit die Grösse des Accommodationsspielraums.

Der leichteste und zugleich häufigste Krampf besteht in dem Unvermögen, die Accommodation beim Sehen willkürlich gänzlich zu erschlaffen, ohne weitere Anomalie. Die Refraction des Auges ist scheinbar erhöht. Da der Fernpunkt dem Auge genähert wird, während der Nahepunkt seine Lage unverändert beibehält, so ist die benutzbare Accommodationsbreite, d. h. der Spielraum willkürlicher Accommodation verkleinert.

Dieser Accommodationsspasmus kann Augen von jeder Brechkraft befallen, bei weitem am häufigsten befällt er das hyperopische Auge, ja hier kann seine Gegenwart beinahe als Regel gelten. Durch die starke, unwillkürliche Anspannung der Accommodation wird ein Theil der Hyperopie latent, der Grad der Hyperopie scheinbar geringer. Erst durch Atropin, welches volle Erschlaffung des Accommodationsmuskels bewirkt, ist der wahre Fernpunkt zu ermitteln. Man würde diesen Zustand des hyperopischen Auges einen erhöhten, übertriebenen Tonus nennen dürfen, wenn er auch bei gänzlicher Ruhe und Unthätigkeit des Auges fortdauerte. Hierüber sind wir zwar nicht näher unterrichtet, doch ist dies kaum für wahrscheinlich zu halten. Es ist vielmehr eher anzunehmen, dass bei geschlossenen Augen und im Schlafe der Accommodationsmuskel vollständig erschlafft, und erst bei Sehversuchen krampfartige Spannung eintritt. Dies ist ja auch leicht erklärlich. Da der ausserhalb der Endlichkeit gelegene Theil des Accommodationsspatiums beim gewöhnlichen Sehen niemals zur Verwendung kommt, wird jederzeit, selbst schon beim Fernsehen mit parallelen Sehaxen die

Accommodation in gewissem Grade thätig sein müssen. Gewohnheitsgemäss wird daher jeden Blick einige Accommodationsspannung begleiten, und selbst dann bleibt sie nicht aus, wenn sie schädlich ist. Durch ein schwaches Convexglas, das bei erschlaffter Accommodation scharfes Sehen in der Ferne bewirken müsste, sieht der Hyperop undeutlich, und erst durch längere Uebung lernt er seine Accommodation einigermassen, wenn auch nicht ganz erschlaffen. Es ist nun auch verständlich, weshalb die niedrigen Grade von Hyperopie fast stets latent sind, weshalb der Fernpunkt durch den Spasmus der Accommodation gerade auf ∞ verlegt und scheinbare Emmetropie bewirkt wird. Hochgradigere Hyperopie wird durch den gewissermassen physiologischen Spasmus nur zu einem Theile latent.

Es ist bemerkenswerth, dass die spastische Contraction des Accommodationsmuskels zuweilen einseitig ist, wenn nur ein Auge zur Fixation benutzt wird. In dem fixirenden Auge ist dann ein Theil der Hyperopie latent, in dem nicht fixirenden die ganze Hyperopie manifest, nach künstlicher Lähmung der Accommodation zeigen beide Augen gleiche Brechkraft.

Die Anspannung der Accommodation, und die Contraction der Pupille stehen zu einander in engem Associationsverhältniss. Wie die Accommodationsparalyse gewöhnlich von Mydriasis begleitet ist, so findet sich oft, wenn auch nicht constant, Myosis neben dem Accommodationsspasmus. Es ist bekannt, dass das hyperopische Auge durch eine enge Pupille charakterisirt ist, und dies scheint durch synergische erhöhte Contraction des Sphincter iridis, welche mit der habituell erhöhten Spannung des Ciliarmuskels Hand in Hand geht, erklärt werden zu müssen. Dies ist mir um so wahrscheinlicher, als ich mehrfach gefunden habe, dass Individuen mit hochgradiger Hyperopie, welche eine ihre ganze, oder fast die ganze Hyperopie corrigirende Convexbrille ununterbrochen tragen, keine auffallend enge Pupille haben; ja ich sah bei den nämlichen jugendlichen Individuen, welche ohne Brille eine sehr enge Pupille hatten, dieselbe beim Tragen der Brille unverkennbar weiter werden.

Während die Beschränkung der Accommodationsbreite des hyperopischen Auges um ein jenseits ∞ gelegenes, nur virtuell existirendes, daher dem Sehen nicht dienendes Stück bei ihrem allge-

meinen Vorkommen noch fast als physiologisch gelten kann, erhält der Accommodationsspasmus schon einen mehr pathologischen Charakter, wenn er den Fernpunkt in endlichem Abstande dem Auge näher bringt. Dies kommt sowohl bei hyperopischen, als bei emmetropischen und myopischen Augen vor. Aber auch hiefür giebt es eine physiologische Analogie. Durch mehrstündige ununterbrochene Accommodation für grosse Nähe verliert ein normales Auge oft für einige Zeit die Fähigkeit, sich für seinen natürlichen Fernpunkt einzurichten. Ebenso beobachtet man, dass ein Emmetrop, welcher sich mehrere Tage lang durch Tragen einer Concavbrille zu dauernder Accommodationsspannung zwingt, danach für kurze Zeit (Stunden oder Tage) kurzsichtig wird, natürlich nicht durch Verlängerung der Sehaxe, sondern durch Unfähigkeit die Accommodation ganz zu erschlaffen.

Dieselben Ursachen, länger und intensiver wirkend, können dann auch einen dauernden pathologischen Zustand veranlassen. Der übertrieben angestrengte Accommodationsmuskel büsst die Fähigkeit zu erschlaffen ein und bleibt stets contrahirt. In dem hyperopischen Auge wird dadurch das latente Accommodationsgebiet vergrössert, in dem emmetropischen und myopischen ein solches geschaffen. Das hyperopische und emmetropische Auge wird scheinbar myopisch, das myopische scheinbar stärker myopisch, und nur durch energische Atropinwirkung wird der wahre Brechzustand festgestellt.

Schon früher ist erwähnt worden, dass wir solchem Accommodationskrampf oft bei progressiver Myopie begegnen. Die Bestimmung des Fernpunktes ergiebt oft einen zu hohen Grad von Myopie, weil, theils wegen bestehender Irritation des Ciliarmuskels, theils wegen angestrengter Benutzung der Augen unter starker Convergenz (namentlich bei Insufficienz der Recti interni), die volle Entspannung der Accommodation nicht möglich ist. Nach mehrtägiger Ruhe der Augen und antiphlogistischer Behandlung wird der Fernpunktsabstand grösser, der Grad der Myopie geringer gefunden.

Bei den höheren Graden dieser Anomalie wird die gemeinschaftliche Thätigkeit beider Augen gestört durch eine deutlich ausgesprochene Modification der relativen Accommodationsbreite. Die accommodative Einstellung findet bei dieser

Krampfform zwar innerhalb eines beschränkten Bereiches statt, allein es fehlt die zum Scharfsehen erforderliche Uebereinstimmung mit der Augenstellung. Die Augen werden in den meisten oder in allen Stellungen für einen näheren Punkt accommodirt, als auf den die Sehlinien gerichtet sind. Nur ein ganz geringer Spielraum ist vorhanden, oder auch der nicht einmal, in welchem Accommodation und Convergenz in Harmonie stehen und in welchem demzufolge binocular scharf gesehen wird.

Es hat also eine derartige Dislocation des relativen Accommodationsgebietes stattgefunden, dass es in den meisten oder in allen Fällen ganz diesseits des jedesmaligen Convergenzpunktes liegt, und dass somit der negative Theil der disponiblen Accommodationsbreite ganz fehlt. — Als Beispiel führe ich den von Liebreich veröffentlichten Fall an, wo bei einer später durch Atropin ermittelten H $= \frac{1}{24}$ (verbunden mit Insufficienz der Interni) scheinbare Myopie bestand. Der Fernpunkt konnte bei grösstmöglichster Erschlaffung der Accommodation auf 40 Zoll Abstand gebracht werden, aber nur, wenn die Sehlinien parallel gerichtet wurden. Mit $-\frac{1}{40}$ wurde also in der Ferne scharf gesehen, in 40 Zoll wurde aber nicht etwa ohne Glas scharf gesehen, sondern da mit der Convergenz auf diesen Punkt die Accommodation unwillkürlich stärker angespannt wurde, war ein schwaches Concavglas für diesen Abstand erforderlich, für geringere Abstände mit einigen Schwankungen sogar noch etwas stärkere Concavgläser. Nur ganz allein in dem Abstand von 6 Zoll, nicht näher nicht ferner, konnte sowohl mit jedem Auge einzeln, als mit beiden zusammen ohne Glas scharf gesehen werden. Natürlich mangelte aber für diesen dem physiologischen Nahepunkte ganz nahe liegenden Abstand gänzlich die Ausdauer. Nach Donders' graphischer Methode (cf. pag. 13) würde für diesen Fall die relative Accommodationsbreite repräsentirt werden durch eine Linie, welche grösstentheils auf der positiven Seite der die Convergenzpunkte bezeichnenden Diagonallinie liegt, und letztere in dem Punkt schneidet, welcher dem Abstande von 6 Zoll entspricht.

Bei einer ferneren Form von Accommodationskrampf zeigt sich ausser der Unfähigkeit voller Erschlaffung auch erhöhte Maximum-Contraction des Ciliarmuskels, daher Dislocation des gesammten Accommodationsgebietes, des Nahepunktes sowohl als des Fernpunktes. Die physiologische Ana-

logie fehlt auch hiefür nicht, wir haben sie in dem durch gewisse Gifte künstlich erzeugten Accommodationskrampf.

Von grossem Interesse ist das erst unlängst bekannt gewordene Factum, dass wir, wie Accommodationslähmung, so auch Spasmus der Accommodation künstlich durch gewisse Arzneimittel erzeugen können. Opium, in dieser Hinsicht das Gegenstück der Belladonna, besitzt neben seiner myotischen (die Pupille verengernden) auch die Kraft, eine Contraction des Accommodationsmuskels zu erregen. Manche andere vegetabilische Mittel besitzen ähnliche Eigenschaften, in viel kräftigerer Weise aber, und selbst bei äusserer Anwendung aufs Auge kommt die genannte Wirkung dem Extract der Calabarbohne (Gottesurtheilsbohne) und dem wirksamen Stoffe derselben, Physostigmin (von Andern Eserin genannt), zu. Während dieses Mittel, das alkoholische Extract oder das Alkaloid in Lösung in den Conjunctivalsack instillirt, schon in sehr geringer Dosis starke Verengung der Pupille (Myosis) bewirkt, gehört eine grössere Dosis dazu, um den Spasmus der Accommodation hervorzurufen. Wie die Beweglichkeit der Pupille trotz der starken Zusammenziehung erhalten bleibt, so erfolgt ein ganz analoger Einfluss auf die Accommodation. Man beobachtet ein Heranrücken des ganzen Accommodationsgebietes, sowohl des Nahepunktes als des Fernpunktes, in einem Grade, der von der vorhandenen Accommodationsbreite abhängt. Ist die letztere durch den Einfluss des Alters namhaft verringert, so ist auch die Verschiebung des Accommodationsgebietes unbedeutend, ja sie kann ganz fehlen, wenn nur noch ein sehr kleiner Rest von Accommodation übrig ist. Auf der Höhe der Calabarwirkung entsteht einige Beschränkung der Accommodationsbreite, doch soll zuweilen bei einer gewissen mässigen Concentration des Mittels das Gegentheil, eine Verbreiterung des Accommodationsbereiches, erfolgen, besonders bei Hyperopie. Niemals, auch bei der stärksten Wirkung des Mittels, rückt der Fernpunkt noch näher, als der ursprüngliche Nahepunkt, niemals also ist der dioptrisch ausgedrückte Werth der Refractionsveränderung grösser als die Accommodationsbreite $\left(\frac{1}{A}\right)$, zuweilen fast so gross, meist nicht mehr als die Hälfte davon.

Während die Accommodationsbewegungen niemals aufgehoben sind, werden sie doch oft durch damit verbundene, spannende

schmerzhafte Empfindungen sehr erschwert, zuweilen in solchem Grade, dass sich die Heranrückung des Fernpunktes deshalb kaum erweisen lässt. Bei der Bestimmung des Nahepunktes entstehen zuweilen klonische Krämpfe der Accommodation, so dass ein fernes Object, mit demselben Glase gesehen, bald deutlich erscheint, bald nicht (Donders). Durch die mangelhafte Stabilität der Accommodation wird dann auch die Sehschärfe vermindert (v. Graefe).

Analog der Micropie bei Atropinlähmung der Accommodation, führt die Calabarbohne zu Macropie. »Der mittlere Spannungszustand des Tensor ist vermehrt, die Einstellung des Auges für eine bestimmte Entfernung wird mit einem grösseren Aufgeben willkürlicher Accommodationsanstrengung, demnach auch unter Empfindungen erwirkt, wie sie gewöhnlich erst bei grösserer Entfernung eintreten. Wird nun auf Grund der veränderten Accommodationsempfindung der Objectabstand überschätzt, so bezieht sich dieselbe Täuschung auf die Dimensionen des Objects.« Das Grössersehen ist am auffallendsten, wenn das Object bis gegen den angenäherten Fernpunkt abgerückt wird (v. Graefe).

Das durch die Calabarbohne erzeugte Accommodationsphänomen ist übrigens von viel geringerer Dauer, als die abnormen Erscheinungen an der Iris. Während letztere bei kräftiger Dose mehrere Tage lang dauern, erhält sich die höchste Refractionsveränderung nur 10—20 Minuten, die ganze Störung bis zur fast völligen Herstellung des früheren Zustandes nur einige Stunden. Der Fernpunkt gelangt schon in einigen (6) Stunden wieder an seinen normalen Platz, der Nahepunkt später, vollständig erst nach einigen Tagen, wenn auch die Pupille ihre normale Grösse erlangt hat (Donders).

Bemerkenswerth ist der gesteigerte Einfluss des Willensimpulses auf die Accommodation, welcher noch in der Periode fortdauert, wo der Fernpunkt bereits beinahe seine normale Lage angenommen hat. Das Auge ist dann bei geringer Accommodationstendenz doch für einen viel näheren Punkt accommodirt, als im normalen Zustande. »Auch das Fortbestehen eines gewissen Grades von Macropie verräth die veränderte Spannung im Tensor, zuweilen auch in jenem Stadium, wo eine Verrückung der Accommodationsgrenzen in palpabler Weise nicht mehr nachweisbar ist.«

Die Wirkung der Calabarbohne auf den Accommodationsapparat ist unabhängig von der Wirkung auf die Pupille, da sie auch bei Iridereemie (Mangel der Iris) eintritt. Ohne Zweifel erfolgt nach Uebergang des wirksamen Stoffes in das Kammerwasser directe Reizung der Ganglienzellen des Ciliarmuskels. Die Heranrückung des Fernpunktes ist leicht verständlich, unerwarteter die des Nahepunktes; sie muss dadurch erklärt werden, dass die dauernd contrahirende Wirkung des Mittels, und die accommodative Anspannung durch ihre Cumulirung einen sonst nicht vorkommenden Grad von Verkürzung des Muskels, und dadurch ein so ausserordentliches Naherücken des Nahepunktes bedingen.

Eine der Calabarwirkung ähnliche Form von Accommodationsspasmus kommt auch pathologisch vor. Die Fälle sind indessen in ausgeprägter Form selten, in der Literatur finden wir nur wenige hinreichend genaue Beobachtungen. Dieselben rühren von v. Graefe her, während Donders bei seiner reichen Erfahrung keine Beispiele gesehen zu haben angiebt. Bezeichnend ist für die in Rede stehende Art des Krampfes die gleichzeitige Annäherung des Nahepunktes und Fernpunktes. Dabei ist das Accommodationsgebiet gewöhnlich stark beschränkt, oder ganz vernichtet, so dass es auf einen Punkt reducirt ist, und Nahepunkt und Fernpunkt zusammenfallend diesseits des physiologischen Nahepunktes liegen. Dieser tetanusähnliche Accommodationsspasmus kommt einseitig vor, wenn die Ursache eine zufällige äussere ist, welche das eine Auge betrifft, z. B. eine Hornhautverletzung. Die Pupille wurde in diesen Fällen ohne accommodative Bewegungen, aber auf Licht schwach reagirend gefunden. Schmerz fehlte.

Eine ähnliche Affection kommt auch, wie es scheint selten, schnell vorübergehend vor, als eine Art klonischen Krampfes des Ciliarmuskels: Sekunden oder Minuten lang dauernde unwillkürliche Accommodation für die Nähe, für eine Entfernung, welche viel näher liegen kann als der physiologische Nahepunkt. Ich habe solche kurz dauernde spastische Contractionen des Accommodationsmuskels im Prodromalstadium des Glaukoms beobachtet, und glaube annehmen zu müssen, dass die pathologische Drucksteigerung im Auge zu einer Reizung der Ciliarnerven Anlass gab, ehe Lähmung derselben erfolgte. Es konnten für einige

Augenblicke Gegenstände in geringer Entfernung scharf gesehen werden, für welche sonst starke Convexbrillen erforderlich waren. Auch bei der Calabarwirkung sind von den Experimentatoren ähnliche klonische Contractionen wahrgenommen worden, wie schon vorhin erwähnt wurde.

Ein eigenthümlicher Zustand ist hier noch zu erwähnen, auf den v. Graefe aufmerksam macht. Bei niedrigen Graden von Myopie findet man ausnahmsweise ein ganz unverhältnissmässig schlechtes Sehen in der Ferne, welches auf einer krampfhaften Accommodation für die Nähe zu beruhen scheint. Innerhalb des Bereiches der Accommodation wird das Auge richtig und präcis eingerichtet, aber für geringe Zerstreuungskreise, welche entstehen, wenn das Object jenseits der Accommodationsgrenzen liegt, ist die Netzhaut so empfindlich (in Folge einer Art von Hyperaesthesia retinae), dass dadurch anstatt vollster Erschlaffung der Accommodation sofort nach Art eines Krampfes eine ganz unzweckmässige Accommodation für die nächste Nähe eingeleitet wird. Schwache Concavbrillen heben mit den Zerstreuungskreisen auch den Krampf auf.

v. Graefe hat diesen Zustand unter dem Namen Myopia in distans beschrieben. Donders, der ihn niemals beobachtet hat und ein unverhältnissmässig schlechtes Sehen in der Ferne bei Myopie immer durch die weite Pupille erklären konnte, räth mit Recht jene Benennung fallen zu lassen, da sie einerseits wenig bezeichnend ist, andrerseits von verschiedenen Autoren für sehr heterogene Zustände angewendet worden ist.

Giraud-Teulon glaubt eine ungleichmässige krampfhafte Contraction in verschiedenen Theilen des Ciliarmuskels annehmen zu dürfen, welche die Ursache von vorübergehendem Astigmatismus sein soll. Dies dürfte indess nicht mehr als eine hypothetische Voraussetzung sein, da er kein Beispiel oder Beweis liefert.

§ 2. Ursachen des Accommodationskrampfes.

Der Accommodationskrampf wird bei weitem am häufigsten veranlasst durch andauernde starke oder übermässige Anstrengung der Accommodation. Die Gründe für eine solche können verschiedener Art sein. Dahin gehört Beschäftigung mit sehr feinen Objecten, welche nur in grosser Nähe erkannt werden, besonders Arbeiten bei ungenügender Beleuchtung, im Dämmerlicht. Aus gleichem Grunde, um möglichst grosse Netzhautbilder zu gewinnen,

halten Amblyopische, Astigmatiker, die Objecte möglichst nahe, und sind leicht dem Krampf der Accommodation unterworfen. Hyperopische Refraction macht vorzugsweise starke Accommodationsanstrengung nöthig, wenn keine oder eine zu schwache Brille gebraucht wird, daher findet man dabei alle Arten des Accommodationsspasmus am häufigsten; die zuerst erwähnte, welche einen Theil des Accommodationsgebietes latent macht, regelmässig.

Reizung des Ciliarmuskels resp. des Ciliarnerven kann Ursache des Accommodationsspasmus werden. Die progressive Myopie ist in dieser Beziehung bereits erwähnt worden, ebenso der beim Entstehen des Glaukoms, zuweilen der Pupillar- und Accommodationslähmung vorhergehende klonische Krampf.

Insufficienz der Recti interni ist ferner anzuführen. Müssen, um die zum Fixiren erforderliche Convergenz zu erzielen, die in geschwächtem Zustande befindlichen Muskeln über die Norm angespannt werden, so combinirt sich damit stärkere Anspannung der Accommodation, zuweilen über das Ziel hinaus, denn beide Thätigkeiten sind ja innerhalb gewisser Grenzen mit einander verbunden. Diese Ursache tritt namentlich bei myopischer Refraction in Wirksamkeit.

Eine gewisse Art von Netzhaut-Hyperästhesie, abnorme Empfindlichkeit gegen Zerstreuungskreise hat ebenfalls bereits Erwähnung gefunden. Die Netzhaut bildet den Regulator für die feinere Einstellung des Auges. Das in Folge unrichtiger Einstellung unscharfe optische Bild dient als Reiz, der die richtige, oder wenn eine solche nicht möglich ist, die möglichst richtige Einstellung vermittelt. Die dazu erforderliche Reflexwirkung kann Störungen unterliegen, sie kann ganz ausbleiben, sie kann ungeeignet sein; ein Beispiel bietet die oben unter dem Namen Myopia in distans beschriebene seltene Krampfform (cf. vorige Seite).

Auch die Unterdrückung gewisser Wahrnehmungen im Wettstreit der Sehfelder (cf. pag. 168) bei mangelnder Uebereinstimmung der Wahrnehmungen beider Augen scheint spastische Affection der Accommodation verursachen zu können. Namentlich bei mühsamer, noch nicht geläufiger Unterdrückung von Doppel-

bildern beobachtet man zuweilen die erwähnte und auch andere krampfhafte Mitbewegungen, z. B. in den Gesichtsmuskeln.

Traumen können ferner Ursache von Accommodationsspasmus werden. Fremde Körper in der Conjunctiva oder Cornea unterhalten zuweilen krampfhafte Myosis und Accommodation für die Nähe. Einen merkwürdigen Fall berichtet v. Graefe, wo, nach einer Hornhautverletzung plötzlich entstanden, eine länger dauernde einseitige Aufhebung der Accommodation stattfand mit spastischer Einstellung für einen Punkt, der näher lag als der physiologische Nahepunkt. Ohne Zweifel muss dies als Reflexkrampf betrachtet werden.

Krampf im Musc. orbicularis palpebrarum wurde von v. Graefe in einem Falle in Combination mit Accommodationsspasmus gesehen, um deswillen bemerkenswerth, weil sonst eine Verbindung zwischen Nervus facialis und der Accommodationsthätigkeit nicht bekannt ist.

Morphium und Calabar sind bereits als specifische Ursachen besonderer Arten von Accommodationskrampf namhaft gemacht worden.

§ 3. Behandlung des Accommodationskrampfes.

Um den Krampf der Accommodation zu heilen, wird man, so weit es möglich ist, auf Beseitigung der Ursachen Bedacht nehmen müssen. Zu grosse Anstrengung der Augen ist zu verhüten, für angemessene Ruhepausen, nöthigenfalls für längere Enthaltung von jeder Arbeit, ferner für gute Beleuchtung Sorge zu tragen, zu grelle Beleuchtung durch gebläute Gläser abzuschwächen, Reizungszustände, Insufficienz der Recti interni sind zu bekämpfen.

In manchen der beschriebenen Fälle von Accommodationskrampf wird die völlige Beseitigung weder möglich noch nöthig sein. Der Spasmus, welcher einen Theil der Hyperopie latent macht, wird durch die passende Convexbrille, bei deren Gebrauch geringere Anspannung der Accommodation genügt, theilweise aber nicht ganz aufgehoben. Ein Theil der Hyperopie pflegt nach wie vor ohne Schaden latent zu bleiben.

Der Accommodationskrampf der kurzsichtigen Augen wird, wo ein Irritationszustand des Ciliarmuskels besteht, durch locale Blutentleerungen und längere Ruhe gehoben.

Der Insufficienz der Recti interni, einer der häufigsten Ursachen, ist je nach den Umständen durch einfache Concavgläser, durch concave, resp. convexe prismatische Gläser, erforderlichenfalls auch auf operativem Wege abzuhelfen (Näheres cf. pag. 118).

Das Hauptmittel gegen den Krampf der Accommodation ist die Belladonna, das schwefelsaure Atropin. Nachdem dasselbe völlige Lähmung der Accommodation bewirkt, und einige Zeit hindurch unterhalten hat, pflegt die abnorme spastische Contraction nicht wiederzukehren, wofern nicht etwa die frühere Ursache des Uebels fortwirkt. Da das Mittel auf den spastisch afficirten Ciliarmuskel nicht so leicht und schnell wirkt, wie auf den gesunden, muss das Atropin wiederholt und in starker Dosis (gr. j auf 3j bis 3jj) angewandt werden, am besten mehrmals täglich, so lange man die Accommodationslähmung unterhalten will.

Will man das Atropin zugleich auf andere Nerven einwirken lassen, z. B. bei begleitender Facialisneurose, so ist die endermatische oder hypodermatische Anwendung zu empfehlen.

Bei traumatischer Ursache ist kräftige Antiphlogose indicirt; Entfernung eines etwa vorhandenen fremden Körpers muss natürlich die erste Sorge sein. v. Graefe erzielte durch rasche Blutentleerung mit dem Heurtelonp'schen Apparat sofortige Minderung des Krampfes und successive Abrückung des Accommodationsgebietes.

Unter Umständen könnte man, wo die erwähnte Therapie nicht ausreichen sollte, den constanten galvanischen Strom versuchen, dem man ja eine krampflösende Wirkung zuschreibt.

C. Hyperästhesie des Ciliarmuskels.

§ 1. Symptome und Ursachen der Hyperästhesie des Ciliarmuskels.

Dies scheint mir die passendste Bezeichnung für eine Affection der sensiblen Nerven des Ciliarmuskels, welche man bisher dem mancherlei verschiedene Zustände umfassenden symptomatischen Begriff der Asthenopie subsumirte, oder fälschlich als einen schmerzhaften Spasmus betrachtete.

Das Leiden charakterisirt sich durch Schmerzen bei jeder

Anstrengung der Accommodation für die Nähe, wodurch längeres, zuweilen alles Arbeiten unmöglich wird. Der Schmerz hat seinen Sitz im Auge selbst, weniger in der Umgebung; immer scheint er beide Augen, wenn auch nicht immer in gleichem Grade zu betreffen. Ist die Affection stark ausgebildet, so bedarf es keiner langen Anstrengung, um die schmerzhaften Empfindungen im Auge hervorzurufen, schon der Versuch, einige Minuten zu lesen, ruft sie wach und zwingt von weiteren Versuchen abzulassen. Zwingt der Patient sich dennoch zum Arbeiten, so lässt sich das doch bei grösster Mühe nur kurze Zeit fortsetzen, und bestraft sich alsbald mit heftigen Kopfschmerzen und zuweilen mit allgemeinem Uebelbefinden. Selbst Erbrechen und Convulsionen sieht man zuweilen, zumal bei Frauen eintreten. So lange die Accommodation für die Nähe nicht, oder nur für wenige Augenblicke benutzt wird, befindet der Patient sich vollkommen wohl, und sieht in der Region seines Fernpunktes vortrefflich, die Sehschärfe lässt nichts zu wünschen übrig. Die Breite der Accommodation ist normal oder wenig geschmälert (die relative Accommodationsbreite konnte wegen der Empfindlichkeit des Auges bei längerer Anstrengung nicht ermittelt werden). Krampfhafte Annäherung des Fernpunktes findet nicht oder nur in geringem Grade statt, Atropin vermindert die Brechkraft kaum, bei Hyperopie nur um das gewöhnliche Quantum. Lichtscheu ist nicht nothwendig vorhanden, die Pupille meist ziemlich contrahirt, Empfindlichkeit gegen Berührung habe ich nicht beobachtet.

Brillen beseitigen die Beschwerden durchaus nicht, erleichtern das Sehen kaum, mag man die Brille auch so wählen, dass die Accommodation so wenig als möglich beansprucht wird; die mit der Convergenz der Augen auf einen nahen Gegenstand verbundene unwillkürliche Anstrengung genügt, um den Schmerz wachzurufen.

Alle Refractionszustände können von dem Uebel befallen werden, am häufigsten freilich begegnet man ihm an hyperopischen Augen, aber auch bei Emmetropie und Myopie sind namentlich die niedern Grade nicht so gar selten.

Donders spricht die Vermuthung aus, bei dem besprochenen Zustande, den er „painful accommodation“ nennt, sei ein unaufhörlicher Accommodationskrampf im Spiele, welcher jedesmal

stärkere Accommodationsanspannung veranlasse, als dem Convergenzpunkt entspricht. Ich kann dies indessen nicht bestätigen, kurze Zeit hindurch wurde vollkommen scharf gesehen, und auch wenn der Schmerz eintrat, war doch die optische Einstellung vollkommen richtig. Solche Krampfformen, wie Donders sie beschreibt, kommen zwar vor, sind aber anders charakterisirt (cf. p. 206).

Der Verlauf der Hyperästhesie des Ciliarmuskels ist ohne die Intervention geeigneter Therapie sehr langwierig. Das Leiden ist in den höheren Graden äusserst hartnäckig, zieht sich durch Jahre hin, bald zu-, bald abnehmend, und zwingt bisweilen zum gänzlichen Aufgeben aller Arbeit in der Nähe und selbst zum Wechsel des Berufes. Combination mit anderweitigen Affectionen kommt bei der langen Dauer des Leidens öfters vor.

Die Aetiologie ist dunkel. Relative oder absolute Insufficienz der Accommodation oder der inneren Augenmuskeln scheint oft den Anstoss zu geben, wenn zu grosse Anforderungen gemacht werden. Warum sich aber nicht die gewöhnlichen Formen von Asthenopie, sondern das ausgesprochen neuralgische Leiden entwickelt, vermögen wir nicht anzugeben. Vermuthlich sind hier Umstände im Spiel, die im Allgemeinen die Entwickelung von Nervenleiden begünstigen, Säfteverlust, Anämie, Hysterie, zarte, schwächliche Constitution. Bei Frauen scheint die Krankheit häufiger vorzukommen, mehr dem jugendlichen und mittleren Lebensalter eigen zu sein.

Die Hyperästhesie des Ciliarmuskels unterscheidet sich deutlich von der gewöhnlichen sog. symptomatischen Ciliarneurose, welche die Entzündungen der Cornea, Iris, des Ciliarkörpers begleitet. Hier irradiirt der Schmerz mehr nach Stirn, Scheitel, Schläfe, und dauert auch bei völliger Ruhe der Accommodation fort. Beides fehlt bei Hyperästhesie des Ciliarmuskels, wenn das Auge nicht durch fortgesetzte Sehversuche in der Nähe maltraitirt wird. Dagegen mag das Leiden in die Kategorie der idiopathischen Ciliarneurosen, der Neuralgia ciliaris (Romberg), gehören. Aus diesem weiteren, complexere Affectionen umfassenden Begriffe, scheint der vorliegende Zustand, als lediglich die sensible Innervation des Accommodationsapparats betreffend, ausgeschieden werden zu müssen.

Leicht fühlt man sich versucht, den Zustand für Asthenopie zu halten, begründet durch Hypcropie oder durch Emmetropie mit Accommodationsschwäche. Aber abgesehen davon, dass eine we-

sentliche Verringerung der Accommodationsbreite nicht erweislich ist, dass für Verringerung der Energie die Motive fehlen, so spricht dagegen die dauernde Nutzlosigkeit der Convexbrillen. Auch sind die Erscheinungen anderer Art. Der Schmerz tritt früher ein, und beschränkt sich mehr auf das Auge selbst.

Wie bei hyperopischen Augen der Gedanke an accommodative Asthenopie, so liegt bei myopischen Augen der Gedanke an muskulare Asthenopie nahe. Doch lässt sich Insufficienz der Interni oft in keiner Weise nachweisen, und wo sie als Complication vorhanden ist, dauert der Schmerz fort, auch wenn die Insufficienz unschädlich gemacht ist.

Die Natur der Krankheit kann bei kurzsichtigen Augen insofern verkannt werden, als die schmerzhaften Gefühle der Irritation oder Congestion der inneren Membranen zugeschrieben werden, welche ja oft die Benutzung der Accommodation schmerzhaft machen. Allein der mehr neuralgische Charakter des Schmerzes, das Auftreten nur bei accommodativer Anstrengung, der Mangel sonstiger Reizerscheinungen kennzeichnet unsere Krankheitsform genügend. Antiphlogose nützt hier nicht das Geringste, dort meist sogleich.

Mit retinaler Hyperästhesie und Asthenopie kann die Krankheit kaum verwechselt werden, weil sie sich deutlich als Accommodationsleiden charakterisirt, indess jene mehr subjective Lichtempfindungen, Photophobie, Photopsie, und höchstens sekundär Schmerzempfindungen veranlasst.

§ 2. Behandlung der Hyperästhesie des Ciliarmuskels.

Es kommt darauf an, die abnorme Reizbarkeit der Ciliarnerven zu beseitigen. Antiphlogose, Ableitungen erweisen sich zu diesem Zwecke als vollkommen nutzlos, wir sind auf die Anwendung der Narcotica angewiesen. Morphium und Atropin haben sich als wirksam gezeigt, ersteres namentlich in hypodermatischer Application, letzteres in den Conjunctivalsack instillirt. Die Combination beider Mittel dürfte am schnellsten Heilung herbeiführen; der Antagonismus, der in gewissen Beziehungen zwischen ihnen besteht, thut dem therapeutischen Erfolge keinen Eintrag.

Morphium muriaticum, in den gewöhnlichen kleinen Dosen in der Schläfengegend subcutan injicirt, wirkt in wenigen Minuten erleichternd, sofort kann die Arbeit etwas länger fortgesetzt werden. Aber die Wirkung dauert nicht lange, erst öftere Wiederholung

stumpft die Nerven für längere Dauer ab. Ob dadurch allein volle Heilung zu erzielen ist, kann ich nicht verbürgen.

Atropin wirkt in anderer Weise. Die vollständige Lähmung der Accommodation, und das ununterbrochene Unterhalten derselben durch tägliche Instillation der Atropinlösung versetzt den Ciliarmuskel in völlige Ruhe und Unthätigkeit. Mit Hülfe von Gläsern, welche genau der verlangten Arbeitsentfernung, resp. verschiedenen Abständen entsprechen, kann nun ohne alle Mühe und Schmerz jede Beschäftigung verrichtet werden. Donders hat diese Methode allein angewendet und gefunden, dass in hartnäckigen Fällen eine längere Fortsetzung der Cur, selbst bis zu sechs Monaten erforderlich ist, weil sonst leicht Recidive eintreten. Ich habe bemerkt, dass die gleichzeitigen Morphiuminjectionen die Dauer der Cur wesentlich abkürzten, und dass wenigstens in den niedern Graden einige Wochen genügen.

Wegen der Blendung in Folge der maximalen Dilatation der Pupille, müssen die Gläser, wenigstens der Fernbrille, gebläut oder grau sein.

Die innerliche Darreichung von Chinin, wie überhaupt tonischer Heilmittel, scheint zuweilen von Nutzen zu sein. Als Unterstützungsmittel mögen sie angewendet werden, wo der allgemeine Zustand dazu auffordert. Beruhigende Zusprache in Betreff des Ausganges wird die durch das lange Leiden oft tief gebeugten Kranken aufrichten, und ihre ungegründeten Befürchtungen zerstreuen.